GEOLOGICA BAVARICA

Herausgegeben vom Bayerischen Geologischen Landesamt

86

Oberflächennahe mineralische Rohstoffe von Bayern

Lagerstätten und Hauptverbreitungsgebiete
der Steine und Erden
Mit einer Karte 1:500 000

zusammengestellt und bearbeitet

von

HERMANN WEINIG, ALBERT DOBNER, ULRICH LAGALLY,
WALTER STEPHAN, REINHARD STREIT und WINFRIED WEINELT

Mit einem Anhang

von

WOLF-DIETER GRIMM und ROLF SNETHLAGE
und einem Vorwort von HELMUT VIDAL

Herausgeber und Verlag:
Bayerisches Geologisches Landesamt, Heßstraße 128, 8000 München 40

Redaktion:
HERMANN SCHMIDT-KALER und KLAUS SCHWERD

Geologica Bavarica	**86**	563 S.	2 Beil.	München 1984

Anschrift der Verfasser:

Dr. ALBERT DOBNER, Dr. ULRICH LAGALLY, Dr. WALTER STEPHAN, Dr. REINHARD STREIT, Prof. Dr. HELMUT VIDAL, Dr. WINFRIED WEINELT, Dr. HERMANN WEINIG, Bayerisches Geologisches Landesamt, *Heßstraße 128, D-8000 München 40.*

Prof. Dr. WOLF-DIETER GRIMM, Institut für Allgemeine und Angewandte Geologie der Universität München, Luisenstraße 37, D-8000 München 2.

Dr. ROLF SNETHLAGE, Bayer. Landesamt für Denkmalspflege, Zentrallabor, Pfisterstraße 1, D-8000 München 2.

Inhalt

Seite

Vorwort (H. VIDAL) 15

Einführung 17

Allgemeine Hinweise zu Karte und Erläuterungen 19

Magmatite – WI. WEINELT 21

Plutonite 21
Gabbro (100) – Metagabbro (203) 21
Redwitzit (101) 23
Diorit (102) 26
Granit – Granodiorit (allgemein) 33

Granite des Fichtelgebirges 35

Weißenstadt-Marktleuthener Porphyrgranit (110) 36
Reut-Granit (111) 37
Selber- und Holzmühl-Granit (112) 38
Fichtelgebirgs-Randgranit (113) 40
Fichtelgebirgs-Kerngranit (114) 41
Zinngranit (115) 43
Steinwald-Granit (116) 45
Falkenberger Granit (117) 46

Granite des Oberpfälzer- und Regensburger Waldes 46

Granite des Oberpfälzer Waldes 47

Leuchtenberger Granit (120) 47
Flossenbürger und Bürgerwald-Granit (121) 48
Naabgebirgs-Granit (122) 50
Oberviechtacher Granit (123) 52
Neunburger Granit (124) 53

Granite des Regensburger Waldes 54

Kristallgranit I (125) 54
Kristallgranit II (126) 55
Roßbach-Gumpinger Granit (127) 56

Granite des Bayerischen Waldes 56

Blauberg-Granit (130) 57
Granit der Pfahlzone (131) 58
Patersdorf-Prünster Granit (132) 59

Rinchnacher Granit (133) 60
Mettener Granit (134) 61
Kaußinger Granit (135) 63

Das Intrusivgebiet von Fürstenstein (Saldenburger Massiv) 64

Tittlinger Granit (136) 64
Eberhardsreuther Granit (137) 65
Renholding-Möginger Granit (138) 66
Saldenburger Granit (139) 66

Das Intrusivgebiet von Hauzenberg (Hauzenberger Massiv) 67

Hauzenberger Granit I (140) 67
Hauzenberger Granit II (141) 68
Hauzenberger Granodiorit (142) 68

Granite des Neuburger Waldes 71

Neustifter Granit (143) 71
Neuhaus-Schärdinger Granit (144) 73

Ganggranit (145) 73

Ganggesteine – Wl. Weinelt 76

Proterobas (150) 76
Kersantit – Spessartit 77

Mineralgänge – Wl. Weinelt 80

Quarzgang (160) 80

Vulkanite 82
Diabas (170) – A. Dobner 82
Quarzporphyr (171) – Wl. Weinelt 84
Basalt (172) – A. Dobner 87
Phonolith (173) – Wl. Weinelt 90

Metamorphite – Wl. Weinelt 91

Serpentinit (200) 91
Amphibolit – Amphibolschiefer (201) 97
Metagabbronorit – Metagabbro (203) 100
Marmor (204) 101
Gneis (205) 105
Quarzit und Glimmerschiefer (206) 114
Prasinit und Phyllit (202 und 207) 117

Naturstein als Gleisschotter – A. Dobner & Wl. Weinelt 119

Literatur 120

Grauwacke, Quarzite, Schiefer – H. WEINIG 127

Dachschiefer 127
Dachschiefer des Ordoviziums (300) 128
Dachschiefer des Devons 128
Dachschiefer des Unter-Karbons (301) 128
Griffelschiefer (302) 130
Kieselschiefer (Lydit) (303) 131
Hauptquarzit (304) 131
Wetzsteinquarzit (305) 132
Wetzschiefer der Phycodenschichten 133
Grauwacke (306) 133

Literatur 135

Alpine Karbonatgesteine – U. LAGALLY & W. STEPHAN 137

Kalksteine der kalkalpinen Zone 138
Reichenhaller-(Gutensteiner) Kalk, Alpiner Muschelkalk, Partnachkalk (400) 138
Wettersteinkalk (401) 139
Raibler Kalk (402) 140
Hallstätter Kalk, Draxlehner Kalk, Ziller Kalk (403) 141
Plattenkalk (404) 142
Dachsteinkalk 143
Rätkalk (405) 143
Bunte Lias-Kalksteine (z.B. Hierlatzkalk, Adneter Kalk) (406) 144
Doggerspatkalke 145
Bunte Malmkalksteine (407) 145
Wetzsteinkalk (408) 146
Gosau-Kalksteine 147

Kalksteine der Flysch-Zone 147

Kalksteine der Helvetikum- und Ultrahelvetikum-Zone 147
Schrattenkalk (410) 147
Seewerkalk (411) 148
Nummulitenkalk („Enzenauer Marmor") (412) 148
Lithothamnienkalk („Granitmarmor", „Neubeurer" bzw. „Rosenheimer Marmor") (413) 149

Dolomite und Rauhwacke der kalkalpinen Zone 150
Rauhwacke (420) 150
Ramsaudolomit (421) 151
Wettersteindolomit 151
Hauptdolomit (422) 152

Mergelsteine der kalkalpinen Zone und der alpinen Randzonen 152

Mergelsteine ungegliedert (Kalkalpin) (430) 153
Kössener Schichten und Allgäu-Schichten 153
Zementmergel der Unterkreide 153
Mergel der Oberkreide 154
Mergel des Eozän 154

Mergelsteine ungegliedert (Flysch) (431) 154
Zementmergel-Serie 154

Mergelsteine ungegliedert (Helvetikum und Ultrahelvetikum) (432) .. 155
Leistmergel 155
Stockletten 155
Buntmergel-Serie 156

Mergelsteine ungegliedert (subalpine Molasse) (433) 156

Literatur 157

Außeralpine Karbonatgesteine 159

Verwendung von Kalk- und Dolomitsteinen 159

Paläozoische Karbonatgesteine 159
Ockerkalk – H. WEINIG 159
Orthoceratenkalk – H. WEINIG 160
Flaserkalk (500) – H. WEINIG 160
Kohlenkalk (501) – H. WEINIG 164
Zechsteindolomit (502) – A. DOBNER 166

Kalksteine des Muschelkalkes 167
Kalksteine des Unteren Muschelkalkes (510) – A. DOBNER 167
Normalfazies des Oberen Muschelkalkes (511) – H. WEINIG 169
Quaderkalkfazies des Oberen Muschelkalkes (Werksteinbänke) (512) – H. WEINIG 171
Quaderkalkfazies des Oberen Muschelkalkes (südl. Zentralbereich) (513) – H. WEINIG 179

Schichtgesteine des Jura, teils dolomitisiert – H. WEINIG 181
Kalksteine des Lias (520) 181
Mergel und Mergelkalke des Malm Alpha (521) 182
Bankkalke des Malm Alpha, Beta und Gamma (bes. Werkkalke) (522) 183
Dickbankkalke des Malm Delta („Juramarmor") (523) 186
Kalke des Malm Epsilon (524) 190
Bronner Plattendolomit (525) 191
Plattenkalke der Wannen zwischen Monheim und Pfalzpaint (526) .. 192
Plattenkalke der östlichen Wannenbereiche (527) 203

Massenkalke, Frankendolomit – H. WEINIG 207
Massenkalke der Schwammriffe und tafelbankige Schwammkalke (530) 208

Massenkalke der Korallenriffe und Riffschuttkalke (z.B. Kelheimer Kalk) (531) 211
Frankendolomit (Riffdolomite und tafelbankige Dolomite) (532) 216

Impaktbeeinflußte Malmgesteine des Riesrandes – H. WEINIG 220
Ries-Trümmergesteine (540) 220

Literatur 221

Alpine Sandsteine und Konglomerate – U. LAGALLY & W. STEPHAN 228

Sandsteine der kalkalpinen Zone 228
Alpiner Buntsandstein, Sandsteine der Werfener Schichten (600) 228
Roßfeld-Schichten 229
Cenomansandsteine 229

Sandsteine der Flysch-Zone 229
Sandsteine der Unterkreide 229
Reiselsberger Sandstein (610) 230
Sandsteine der höheren Oberkreide 231
Sandsteine des Alttertiärs (611) 232

Sandsteine der Helvetikum- und Ultrahelvetikum-Zone 232
Brisisandstein (620) 232
Quarz-Glaukonit-Kalk – Kalksandstein des Gault (621) 233
Grünsandsteine der Oberkreide (622) 234
Sandsteine des Paleozän und Eozän 235
Nummuliten-Sandstein des Eozän (623) 235
Heller Mühlsandstein des Eozän (624) 236

Sandsteine und Konglomerate der subalpinen Molasse-Zone 236
Kalksandsteine der Deutenhausener Schichten 237
Sandsteine der Baustein-Schichten (630) 237
Sandsteine der Unteren Süßwassermolasse und der tieferen Cyrenenschichten 238
Sandsteine und Konglomerate der Oberen Meeresmolasse und der Hauchenberg-Schichten (631) 239

Literatur 240

Außeralpine Sandsteine und Konglomerate 242

Permotriadische Arkosen – A. DOBNER 242
Erzhäuser Arkosen 242

Sandsteine des Buntsandsteins – A. DOBNER 242
Heigenbrückener Sandstein (700) 242
Miltenberger Sandstein (701) 243
Sandsteine der Volpriehausen-, Detfurth- und Hardegsenfolge 245
Sandsteine der Sollingfolge 246

Plattensandstein (702) 246
Rötquarzit, Fränkischer (Oberer) Chirotherien-Sandstein, äquivalente Sandsteine der Röttonsteine 248
Sandsteine des Buntsandsteins südlich und südöstlich Bayreuth 248

Sandsteine des Keupers – H. WEINIG 249
Werksandstein des Unteren Keupers (710) 249
Benker Sandstein, Estheriensandstein 251
Schilfsandstein (711) 251
Ansbacher Sandstein 254
Blasensandstein 254
Coburger Sandstein (712) 255
Burgsandstein (713) 257
Sandsteine des Rhät bzw. Rhätolias (714) 262

Sandsteine des Jura – H. WEINIG 266
Angulatensandstein 266
Arietensandstein 267
Doggersandstein (720) 267

Sandsteine der Oberkreide – R. STREIT 269
Sandsteine des Mittleren Cenoman (und jünger) (730) 269
Regensburger Grünsandstein (731) 270
Reinhausener Schichten (732) 273
Knollensandstein und Hornsandstein (733) 274
Sandsteine des Oberen Turon (und älter) (734) (z.B. Seugaster Sandstein) 275
Knölling-Jedinger Sandstein (735) 277
Auerbacher Kellersandstein (736) 277

Quartäre Sandsteine und Konglomerate – U. LAGALLY 277
Nagelfluh (Alt-, Mittel- und Jungpleistozän) (740) 277
Sandsteine des Frühwürm 279

Literatur 279

Kiese und Sande 284

Verwendung von Kiesen und Sanden 284

Sande und Mürbsandsteine des Mesozoikums 285
Sande des Buntsandsteins (800) – A. DOBNER 285
Sande des Sandsteinkeupers (801) – H. WEINIG 287
Sande des Rhät bzw. Rhätolias (802) – H. WEINIG 289
Sande des Doggers (803) – H. WEINIG 291
Sande der Kreide (804) – R. STREIT 292
Sande der Schutzfelsschichten, der Unteren Michelfelder Schichten und der tieferen Ehenfelder Schichten 292
Knollensand und Hornsand 293
Freihölser Bausande 294

Sande der Oberen Michelfelder und Ehenfelder Schichten, Windmaiser Formsand 295
Sande des Auerbacher Kellersandsteins 296

Kiese und Sande des Tertiärs 296
Schotter des Raumes Ortenburg und Passau-Schöllnach (810) (z.B. Ortenburger Schotter) – H. WEINIG 296
Landshuter und Peracher Schotter (811) – H. WEINIG 299
Quarzrestschotter (812) – H. WEINIG 304
Kiese und Sande des Molassebeckens außerhalb der Grobschotterserien (813) 306
Mittlere Serie bzw. Hauptkies – H. WEINIG 306
Obere Serie bzw. Hangendserie – H. WEINIG 307
Sande Ostniederbayerns und Untere Serie – H. WEINIG 309
Glassande der subalpinen Molasse-Zone – U. LAGALLY 310
Tertiäre Kiese und Sande Nordbayerns (814) – A. DOBNER 311

Kiese und Sande des glazialen und glazifluviatilen Bereiches 312
Alt- und ältestpleistozäne Kiese und Sande (802) (Ältere und älteste Deckenschotter) – H. WEINIG 312
Alt- und mittelpleistozäne Kiese und Sande (821) (Jüngere Deckenschotter, Hochterrassen, Vorstoßschotter) 313

Jüngere Deckenschotter – H. WEINIG 314
Mindeleiszeitliche Schotter moränennaher Bereiche 315
Mindeleiszeitliche Schotter zwischen Kirchheim und Burgau 315
Mindeleiszeitliche Terrasse zwischen Regensburg und Pleinting 316

Hochterrassen 316
Iller- und Rothtal – H. WEINIG 316
Günz- und Kammlachtal – H. WEINIG 318
Wertach – Lechgebiet – H. WEINIG 319
Inn – Salzach-Platte – U. LAGALLY 322
Donautal – H. WEINIG 323

Vorstoßschotter 326
Bereich Obergünzburg – U. LAGALLY 326
Bereich Landsberg – Mering – H. WEINIG 327
Bereich zwischen Inn und Salzach – U. LAGALLY 328
Jungpleistozäne Kiese und Sande, teils von Moräne bedeckt (822) (Vorstoßschotter) – U. LAGALLY 328
Einzugsgebiet des Rhein 329
Einzugsgebiet der Iller 330
Einzugsgebiet der Wertach 331
Einzugsgebiet von Lech und Isar 331
Einzugsgebiet des Inn 333
Einzugsgebiet der Salzach 334

Kiese und Sande, teils bindig, der Moräne (823) (Alt- und Jungmoräne) – U. LAGALLY 335

Jungpleistozäne Kiese und Sande (Niederterrassen), spätglaziale und holozäne Kiese und Sande im Vorfeld und innerhalb des Moränenbereiches (824) – (U. LAGALLY) 338
Einzugsgebiet des Rhein – U. LAGALLY 339
Einzugsgebiet der Iller 340
Bereich zwischen Oberstdorf und Grönenbach – U. LAGALLY .. 340
Bereich Legau – Heimertingen – H. WEINIG 341
Tal der Memminger Ach zwischen Grönenbach und Heimertingen – H. WEINIG 342
Illertal zwischen Heimertingen und Donau – H. WEINIG 343
Rothtal – H. WEINIG 344

Einzugsgebiet der Günz – H. WEINIG 346
Täler der westlichen und östlichen Günz 346
Günztal zwischen Lauben und Donau 346

Einzugsgebiet der Mindel 347
Talgebiet der Mindel zwischen Aitrang und Bronnen – U. LAGALLY 347
Talgebiet der Flossach zwischen Wertachtal und Bronnen – H. WEINIG 348
Mindeltal zwischen Bronnen und Donau – H. WEINIG 349

Einzugsgebiet der Wertach 350
Talgebiet der Kirnach – U. LAGALLY 350
Talgebiet der Wertach südlich Kaufbeuren – U. LAGALLY 350
Talgebiet der Geltnach – U. LAGALLY 351
Wertach- und Gennachtal zwischen Kaufbeuren, Thalhofen und Schwabmünchen – U. LAGALLY 351
Wertachtal zwischen Schwabmünchen und Augsburg – H. WEINIG 353

Einzugsgebiet des Lech 354
Lechtal zwischen Füssen und Hohenfurch – U. LAGALLY 354
Lechtal zwischen Kinsau und Landsberg – U. LAGALLY 355
Lechtal zwischen Landsberg und Augsburg – H. WEINIG 356
Lechtal zwischen Augsburg und Donautal – H. WEINIG 358

Einzugsgebiet der Isar 359
Gebiet südlich von Ammersee und Starnberger See – U. LAGALLY 359
Schmelzwasserrinnen zwischen Ammersee und Starnberger See – U. LAGALLY 361
Talgebiet der Isar zwischen Lenggries und Schäftlarn – U. LAGALLY 362
Schotterfluren zwischen Maisach und Amper – U. LAGALLY 363
Schotterfluren südlich Eichenau – U. LAGALLY 365
Münchner Schotterebene – U. LAGALLY 366
Ampertal zwischen Dachau und Moosburg – U. LAGALLY 368
Isartal zwischen Moosburg und Donautal – H. WEINIG 369

Einzugsgebiet von Inn und Salzach 371
Schmelzwasserrinnen im Raum Sachsenkamm – U. LAGALLY .. 371
Mangfalltal zwischen Tegernsee und Weyarn – U. LAGALLY 372
Schmelzwasserrinnen und Schotterfluren des westlichen Inngletschers – U. LAGALLY 373
Inntal zwischen Kiefersfelden und Gars – U. LAGALLY 374
Schmelzwasserrinnen und Schotterfluren des östlichen Inngletschers – U. LAGALLY 375
Schmelzwasserrinnen und Schotterfluren im Bereich des Chiemseegletschers – U. LAGALLY 376
Schmelzwasserrinnen des Salzachgletschers westlich des Salzachtales – U. LAGALLY 377
Tal der Saalach und Salzach zwischen Bad Reichenhall und Nonnreit – U. LAGALLY 378
Schmelzwasserrinnen und Schotterfluren im Vorfeld der Jungmoräne zwischen Maithenbeth und Alztal – U. LAGALLY .. 379
Trauntal zwischen Traunstein und Altenmarkt – U. LAGALLY .. 379
Alztal zwischen Altenmarkt und Burgkirchen – U. LAGALLY .. 380
Talgebiet des Inn zwischen Gars und Salzachmündung – U. LAGALLY 381
Inntal zwischen Marktl und Simbach – H. WEINIG 384
Inntal zwischen Simbach und Neuhaus – H. WEINIG 384

Donautal – H. WEINIG 386
Bereich Ulm – Donauwörth 386
Lechmündungsgebiet 388
Donauenge zwischen Stepperg und Neuburg 389
Ingolstädter Becken 389
Bereich Kelheim – Bad Abbach 391
Bereich Regensburg – Deggendorf 392
Bereich Deggendorf – Pleinting 394

Kiese und Sande des periglazialen Bereiches 395

Fluviatile Kiese und Sande (ungegliedert) (830) 395
Maintal – A. DOBNER 395
Aschaffenburger Becken 396
Talabschnitt Obernburg – Gemünden 398
Talabschnitt Gemünden – Wipfeld 400
Schweinfurter Becken 402
Talabschnitt Schweinfurt – Bamberg 403
Talabschnitt Bamberg – Rodachmündung 404
Talabschnitt Rodachmündung – Bayreuth 405

Regnitztal mit Nebentälern – U. LAGALLY 405
Bereich Bamberg – Erlangen 405
Bereich Erlangen – Schwabach – Neumarkt 408
Bereich Schwabach – Weißenburg – Hilpoltstein 410

Naabgebiet – H. WEINIG 413
Naabgebiet zwischen Weidenberg – Kemnath – Pressath 414
Heidenaab und Waldnaab zwischen Luhe und Pressath bzw. Neustadt (Talaue und Niederterrasse) 415
Höher gelegene Terrassen zwischen Pressath und Mantel 416
Naabtal zwischen Luhe und Mündung 418
Talsenke östlich Schnaittenbach und der Creußen 419
Oberes Wörnitztal – U. LAGALLY 420
Altmühltal – U. LAGALLY 422
Schwarzachtal zwischen Seligenporten und Obermäßling – U. LAGALLY 422
Sulztal zwischen Neumarkt und Berching – U. LAGALLY 423
Talgebiet des Regen – H. WEINIG 424
Täler der südlichen Donauzuflüsse – H. WEINIG 424
Flugsande (z.T. verschwemmt) (831) 426
Bereich Erlangen – Schwabach – Altdorf – U. LAGALLY 427
Bereich Neumarkt – U. LAGALLY 428
Regnitztal bei Bamberg – U. LAGALLY 429
Bereich Stockstadt – Alzenau – U. LAGALLY 430
Ries – H. WEINIG 431
Zersatzsande – WI. WEINELT 432
Kristallinzersatz (840) 432
Literatur 435

Tone, Mergel, Lehme 441
Toniger Kristallinzersatz – A. DOBNER 445
Toniger Zersatz aus Gneis und Tiefengestein (900) 445
Toniger Phyllit- und Glimmerschieferzersatz (901) 445
Tonig zersetzter Diabas 446
Tone des Paläozoikums – A. DOBNER 447
Zechsteinton (910) 447
Tone und Mergel des Mesozoikums – A. DOBNER 447
Tone des Bröckelschiefers 447
Tone des Chirotherienschiefers 447
Röttonsteine (920) 448
Tone und Mergel des Unteren Keupers (921) 448
Tone und Mergel der Estherien- und Myophorienschichten (922) 449
Tone des Schilfsandsteins (923) 450
Tone der Lehrbergschichten (924) 450
Tone des Blasensandsteins (925) 452
Tone des Coburger Sandsteins 452
Tone des Burgsandsteins (926) 453

Feuerletten (927) 453
Tone des Oberen Keupers (Rhät) (928) 454
Tone und Mergel des Lias Alpha-Gamma (929) 456
Amaltheenton (Lias Delta) (930) 457
Tone des Lias Zeta (931) 458
Opalinuston (Dogger Alpha) (932) 458
Mergel des Dogger Delta und Epsilon 460
Ornatenton (Dogger Zeta) (933) 460
Mergel des Malm Alpha 460
Zementmergel (Malm Zeta) (934) 461
Ehenfelder Ton (935) 461
Riggauer Ton 461
Tone der Albüberdeckung (Kreide) 462
Übrige Tone und Mergel der Kreide 462

Tone, Mergel und Lehme des Tertiärs 462
Mergel der Oberen Meeresmolasse (940) – A. DOBNER 462
Mergel der Oberen Süßwassermolasse (941) – A. DOBNER 464
Tone der Oberen Süßwassermolasse (942) – A. DOBNER 466
Tone des Naabtales und des Bayerischen Waldes (943) – A. DOBNER 468
Tone der nördlichen Oberpfalz und Oberfrankens (944) – A. DOBNER 472
Tone, Mergel und Bunte Breccie im Riesbereich (945) – A. DOBNER 474
Klingenberger und Schippacher Ton (946) – A. DOBNER 475
Tone des Aschaffenburger Beckens (947) – A. DOBNER 477
Tertiäre Verwitterungslehme (948) – A. DOBNER 478
Bentonit (949) – H. WEINIG 479

Tone, Mergel und Lehme des Quartärs – A. DOBNER 482
Tone (950) 482
Löß und Lößlehm (951) 483
Seeton (952) 487
Auenlehm und Schwemmlehm (953) 488
Bindige Moräne (954) 489

Zur Brennfarbe grobkeramischer Rohstoffe – A. DOBNER 490

Literatur 491

Sonstige Gesteine 495

Troschenreuther Rötel (001) – R. STREIT 495
Farbocker (002) – R. STREIT 496
Kieselkreide (003) – R. STREIT 497
Suevit (004) – H. WEINIG 499
Muschelschill (005) – H. WEINIG 501
Sinterkalk (006) – U. LAGALLY 501
Quellkalk (Kalktuff) 501
Alm (Wiesenkalk, Wiesenkreide) 503

Seekreide (007) – U. LAGALLY 504
Alpiner Hangschutt (008) – U. LAGALLY 505

Literatur 506

Zur Verwitterung von Natursteinen, insbesondere bayerischer Provenienz – W.-D. GRIMM 507

Konservierungsmöglichkeiten von Natursteinen –
R. SNETHLAGE 551

Vorwort

Oberflächennahe mineralische Rohstoffe werden schon seit der Frühzeit der Menschheit für die verschiedensten Zwecke genutzt, z.B. als primitive Waffen und Werkzeuge, als Gebrauchsgegenstände, z.B. Mahlsteine und Tongeschirr. Naturwerksteine, aber auch der Ziegel haben als Bausteine über Jahrhunderte hinweg das Bild unserer Städte und Kulturlandschaften geprägt.

Heute sind die oberflächennahen mineralischen Rohstoffe unentbehrlich für viele lebenswichtige Industriezweige, wie z. B. die Eisen-, Stahl- und Gießereiindustrie, die chemische, keramische und Glasindustrie, die Papier-, Lebensmittel- und Düngemittelindustrie. Die größten Mengen der oberflächennahen mineralischen Massenrohstoffe werden aber in der Bauwirtschaft als Sand und Kies, Schotter, Splitt, Zement und Ziegel sowie als Naturwerksteine verwendet.

Man hört heute in der Öffentlichkeit häufig noch die Meinung, daß es bei Massenrohstoffen, z.B. Kies und Sand, keine Versorgungsprobleme gebe, daß man sie jederzeit in beliebiger Menge, zu billigen Preisen und praktisch überall gewinnen könne. Das ist aber nicht richtig. Ihre Vorkommen sind durch die örtlichen geologischen Verhältnisse vorgegeben, streng ortsgebunden, nur begrenzt verfügbar und nicht erneuerbar. Auch sie werden heute bereits zusehends knapper und damit teuerer. Dies gilt insbesonders in den Ballungsräumen und deren Einzugsgebieten.

Die geologischen Vorräte an oberflächennahen Massenrohstoffen sind zwar oft noch beträchtlich. Der Zugriff auf diese oberflächennahen Lagerstätten wird aber im Gegensatz zu den untertägig gewinnbaren Mineralrohstoffen nicht selten durch andere raumbedeutsame Nutzungsansprüche, z.B. der Land- und/oder der Wasserwirtschaft, des Verkehrs, des Natur- und Landschaftsschutzes oder durch bestehende oder in Aussicht genommene Überbauung der Nutzung entzogen.

Die oberflächennahen Rohstoffe werden, wie ihr Name sagt, in der Regel an der Erdoberfläche in Tagebauen, Gruben und Steinbrüchen gewonnen. Ihr Abbau bedingt, zumindest vorübergehend, mehr oder weniger große und damit auch ins Auge fallende Eingriffe in die Naturlandschaft. Damit kommen diese Massenrohstoffe unwillkürlich in einen Interessenkonflikt mit dem Natur- und Landschafts- sowie Boden- und Gewässerschutz.

Die oberflächennahen Rohstoffe vertragen als transportkostenempfindliche Massengüter keine langen Transportwege. Nutzbare Lagerstätten sind deshalb in besonderem Maße unter diesem Gesichtspunkt für die Zukunft sicherzustellen. Mineralische Rohstoffe verdienen als lebenswichtige Bodenschätze einen ähnlichen Schutz wie die Naturlandschaft als solche, wie Boden, Grundwasser, Pflanzen und Tiere.

Deshalb muß es vorrangiges Ziel einer verantwortungsbewußten und langfristigen Wirtschafts-, Rohstoff- und Umweltpolitik sein, die einheimischen lebenswichtigen mineralischen Rohstoffvorräte so zu sichern und zu nutzen, daß einerseits auf möglichst lange Zeit eine möglichst gleichmäßige und kostengünstige

Versorgung der Verbraucher möglich ist, daß andererseits aber auch den Erfordernissen des Natur- und Landschaftsschutzes weitgehend Rechnung getragen wird.

Abgrabungen und Steinbrüche können, sich selbst überlassen, sich oft zu einmaligen Biotopen für die Pflanzen- und Tierwelt entwickeln; sie können sachgemäß rekultiviert, wieder land- oder forstwirtschaftlich genutzt werden oder als Erholungsgebiet dienen. Manchmal werden sie auch zu berühmten und wichtigen Aufschlüssen für den Geowissenschaftler, z.B. die Tongrube Messel in Hessen, und sollten dann als erdgeschichtliche Naturdenkmale erhalten und unter Schutz gestellt werden. Rohstoffschutz, Boden- und Grundwasserschutz sowie Landschafts- und Naturschutz müssen Hand in Hand gehen. Das ist, wie es im Freistaat Bayern beispielhaft praktiziert wird, im Rahmen einer wohlausgewogenen Raumordnung und Landesplanung möglich. Das Bayerische Landesplanungsgesetz nennt in Artikel 2 die Aufsuchung und Gewinnung heimischer Rohstoffe als Grundsätze der Raumordnung. Das Bayerische Landesentwicklungsprogramm vertieft diesen Gesetzesauftrag in Ausführungsbestimmungen.

Um oberflächennahe Rohstoffvorkommen als sicherungswürdig einstufen und bei der Regionalplanung als künftige Lagerstätten vor anderen raumbedeutsamen Ansprüchen schützen zu können, müssen deren Lage, Ausdehnung, Mächtigkeit und Qualität genau bekannt sein, wobei schon jetzt mögliche mineralische Ersatzrohstoffe in die Prospektion einzubeziehen sind. Dies gehört zu den vornehmlichen Aufgaben der Staatlichen Geologischen Dienste in der Bundesrepublik Deutschland und anderswo.

Die Karte der oberflächennahen mineralischen Rohstoffe von Bayern ergänzt die bereits 1978 erschienene Lagerstättenkarte von Bayern 1:500 000, auf der die Vorkommen und Lagerstätten von Erzen, Industriemineralen, Salzen und Brennstoffen dargestellt sind. Beide Übersichtskarten mit den Erläuterungen sollen den staatlichen verantwortlichen Stellen, insbesonders den Planern, als wichtiges Instrumentarium und der mineralische Rohstoffe gewinnenden und verarbeitenden Industrie als Ausgangsbasis und Informationsquelle für ihre zukünftige Vorratsplanung und -prospektion dienen. Sie sollen aber nicht zuletzt einer breiteren Öffentlichkeit Anschauungsmittel sein, ihr Rohstoffbewußtsein fördern, die Endlichkeit unserer Rohstoffressourcen aufzeigen und auf die Bedeutung der mineralischen Rohstoffe im eigenen Land als lebenswichtige Naturgüter für uns heute Lebende, aber auch für künftige Generationen hinweisen.

HELMUT VIDAL

Einführung

Mit vorliegender Arbeit wurde der Versuch unternommen, die Vorkommen und Gewinnungsstellen nutzbarer oberflächennaher mineralischer Rohstoffe von Bayern in einer Übersichtskarte darzustellen und diese nach geologisch-lagerstättenkundlichen Merkmalen sowie nach ihrer wirtschaftlich-technischen Nutzung zu erläutern. Die Anregung zu dieser Zusammenstellung ergab sich aus vielfachen Tätigkeiten und Aktivitäten der beteiligten Bearbeiter auf dem Sektor der Rohstoffsicherung im Zuge der Raumordnung und Landesplanung in Bayern. Hierbei hat das Bayerische Geologische Landesamt als Träger öffentlicher Belange die Aufgabe, heute und künftig nutzbare Rohstoffvorkommen darzustellen und für ihre angemessene Sicherung gegenüber anderen Flächennutzungen einzutreten. Die zahlreichen Daten, Kenntnisse und Erfahrungen, die sich im Zuge dieser Tätigkeit ansammelten, wurden durch weitergehende Erhebungen z.B. durch Auswertung umfangreichen Archivmaterials des Amtes und Firmenangaben ergänzt und unter Verwendung einschlägiger geologischer oder wirtschaftlich-technischer Literatur zu vorliegender Arbeit zusammengestellt.

Die Übersichtskarte und deren Erläuterungen stellen eine Weiterführung der Arbeit von SCHMID und WEINELT (1978) dar, in der die Vorkommen der Erze, Industrieminerale, Salze und Brennstoffe behandelt sind. Vorliegende Zusammenstellung bezieht sich dagegen auf die Darstellung derjenigen oberflächennahen Rohstoffe die – teils Massenrohstoffe, teils nur in begrenztem Umfang verfügbares Material – in etwa durch den Begriff der „Steine und Erden" abgedeckt sind.

Beide Arbeiten zusammen können als „Neuauflage" der von der Geologischen Landesuntersuchung beim Bayerischen Oberbergamt (dem Vorläufer des Bayerischen Geologischen Landesamtes) in zwei Bänden (1924 und 1936) erarbeiteten Abhandlung „Die nutzbaren Mineralien, Erden und Gesteine Bayerns" bezeichnet werden. (Der dritte Band, der Südbayern behandeln sollte, ist nicht erschienen).

Besonders auf dem Sektor der oberflächennahen Massenrohstoffe hat sich seitdem im Zuge fortschreitender Technik und Bauweise eine grundlegende Wandlung vollzogen. Zwei Beispiele mögen dies veranschaulichen: Zum einen ist dies der fast vollständige Rückgang des Abbaus massiver Natursteine für den Hausbau, der noch vor wenigen Jahrzehnten in hunderten von Steinbrüchen betrieben wurde. Aus dieser früheren Bausteingewinnung entwickelte sich die heutige Naturwerksteinindustrie, die heute nur noch wenige ausgewählte Natursteinvorkommen, teils allerdings sehr intensiv nutzt und in moderner Weise verarbeitet. Mit dem verstärkten Aufkommen der Betonbauweise vermehrten sich andererseits die Gewinnungsstellen quartärer Lockergesteine in erheblichem Maße. So bietet der heutige Stand der Gewinnung und Verwendung der nutzbaren Steine und Erden ein völlig gewandeltes Bild, dessen Darstellung das Hauptthema dieser Arbeit ist.

Fast alle heute genutzten Rohstoffvorkommen sind auf der Karte flächenmäßig dargestellt, wobei versucht wurde, deren lagerstättenkundliche Wertigkeit (z. B. als Lagerstätte, Vorkommen oder Verbreitungsgebiet) näher zu charakterisieren. Die

Erläuterungen enthalten, soweit bekannt, Angaben geologisch-lagerstättenkundlicher Relevanz, petrographischer und gesteinstechnischer Art sowie Hinweise zu Gewinnung und Verwendung der Rohstoffe. Hingewiesen ist unter dem Aspekt künftiger Gewinnung in manchen Fällen auch auf bisher nicht oder noch kaum genutzte Gesteinsvorkommen. (Nähere Hinweise zur Art der Darstellung bzw. zur Benützung von Karte und Erläuterung finden sich anschließend).

Neben den heute in Abbau stehenden Gesteinen werden auch ehemals wichtige Gesteine bzw. frühere Verwendungsarten heute in anderer Weise genutzter Gesteine nicht völlig außer Acht gelassen. Sie finden von Fall zu Fall, um den historischen Anschluß herzustellen, kurze Erwähnung ohne allerdings die zahlreichen früheren Gewinnungsstellen hier nochmals aufzuführen. Hierzu sei auf die oben genannten Arbeiten der Geologischen Landesuntersuchung (1924 und 1936) verwiesen. Potentielle praktische Bedeutung haben manche alten Gewinnungsstellen, deren Anlage oft auf traditionsreiche Erfahrung und Kenntnisse vieler Steinbrechergenerationen zurückzuführen ist, noch heute, vor allem dann, wenn sie eine Materialansprache zulassen bzw. zum Ausgangspunkt neuer Abbaue werden. Insofern ist eine kurze Bezugnahme zur früheren Nutzung durchaus berechtigt.

Die Verfasser sind sich bewußt, daß bei der Fülle des Stoffes trotz aller Bemühungen keine Vollständigkeit erreicht werden konnte. Sie sind daher dankbar für sachliche Ergänzungen und Kritik etwa aus den verschiedenen Zweigen der Steine- und Erden-Industrie.

Der Dank der Verfasser gilt denjenigen Firmen und Fachverbänden der bayerischen Steine- und Erden-Industrie, die durch Gesprächsbereitschaft und vielfältige Hilfen die vorliegende Arbeit unterstützten. Dank gebührt auch den Kollegen im Geologischen Landesamt für manche wertvollen Hinweise und Ratschläge. Hervorzuheben ist hierbei vor allem die Mitarbeit von Frau C. BONK, Herrn M. HÖCK und Herrn W. MÜLLER, die durch die Aufbereitung umfangreicher Archivunterlagen eine wesentliche Grundlage zu dieser Zusammenstellung lieferten. Zahlreiche Fachdiskussionen mit Herrn Dr. GUDDEN förderten den Fortgang der Arbeit.

Der Dank der Bearbeiter gilt auch den Damen und Herren der Kartographie des Bayerischen Geologischen Landesamtes unter der bewährten Leitung von Herrn K. WOLNICZAK. Herr A. MÄRTEL gestaltete die Karte durch seine engagierte und akribische Arbeitsweise entscheidend mit. Hierfür und für die verständnisvolle Zusammenarbeit danken ihm die Autoren in besonderem Maße.

Allgemeine Hinweise zu Karte und Erläuterungen

Auf der Karte sind folgende Darstellungen zu unterscheiden:

a) Grundkarte: Vereinfachte geologische Karte, blaßfarben
b) Aufdruck: Lagerstätten und Hauptverbreitungsgebiete der Steine und Erden mit Gewinnungsstellen.

Alle unter b) dargestellten Gesteine sind mit dreistelligen Nummern versehen, von denen die erste Stelle folgende Hauptgesteinsgruppen kennzeichnet:

1 Magmatite
2 Metamorphite
3 Grauwacke, Quarzite, Schiefer
4 Alpine Karbonatgesteine
5 Außeralpine Karbonatgesteine
6 Alpine Sandsteine und Konglomerate
7 Außeralpine Sandsteine und Konglomerate
8 Kiese und Sande
9 Tone, Mergel, Lehme
0 Sonstige Gesteine

Die beiden folgenden Ziffern kennzeichnen die beschriebenen Gesteine fortlaufend, wobei aber dort wo sinnvoll eine Untergliederung in Gesteinsgruppen gleicher Formation, ähnlicher Ausbildung oder auch nach geographischen Gesichtspunkten erfolgte. Unter einer Ziffer zusammengefaßte quartäre Kiese und Sande sind getrennt nach geographischen Einheiten beschrieben.

Innerhalb der Hauptgruppen sind die Gesteine in stratigraphischer Reihenfolge aufgeführt, sofern nicht praktische Gründe eine Abweichung von dieser Regel erfordern.

Die Gesteinsnummern finden sich wieder im Erläuterungsband, wobei Inhaltsverzeichnis und Kartenlegende dem gleichem Ordnungsprinzip unterliegen.

Zur Darstellung auf der Karte gelangten zunächst alle derzeit genutzten Gesteine. Insofern gibt die Karte einen weitgehend aktuellen Stand der Verbreitung und Gewinnung heute wichtiger Rohstoffe wieder. Auf eine flächenhafte Kennzeichnung wurde vor allem dann verzichtet, wenn es sich um weit verbreitete, jedoch nur stellenweise genutzte Massenrohstoffe handelt. In vielen Fällen bietet hier die geologische Grundkarte erste Anhaltspunkte über das Auftreten genutzter Gesteine. Einer näheren Lokalisierung können die geologischen Spezialkarten 1:25 000 dienen.

Von den ehemals genutzten Gesteinen sind nur die wichtigsten, meist in Form von Beispielen früherer Gewinnungsstellen, auf der Karte berücksichtigt. Weitere Gesteine finden (ohne Bezifferung) nur im Text kurze Erwähnung.

Dort, wo sinnvoll, ist in den Erläuterungen die Beschreibung der einzelnen Gesteine, in der Hauptgruppe Kies und Sand auch die Behandlung der nach geographischen Gesichtspunkten gegliederten Abschnitte, wie folgt untergliedert:

- allgemeine geologisch-lagerstättenkundliche Einführung
- Gesteinsausbildung und Eigenschaften
- Gewinnung und Verwendung und ggf.
- Vorkommen.

Weiterhin sind folgende Hinweise dem Verständnis von Karte und Erläuterung dienlich:

Die Erhebung der Gewinnungsstellen erfolgte in den Jahren 1975 bis 1983. Bei Kies- und Sandgruben ist eine Veränderung der Abbausituation in Betracht zu ziehen. Dagegen geben die Steinbrüche weitgehend den aktuellen Stand wieder.

Eng benachbarte (kleinere und mittelgroße) Kies- und Sandgruben wurden oft zusammengefaßt dargestellt. Auf die Kennzeichnung kleinerer, nicht gewerblich oder nur gelegentlich genutzter Gruben wurde weitgehend verzichtet.

Die Beschreibung der Kornzusammensetzung von Kiesen und Sanden erfolgte nach DIN 4022.

Die Prozentangaben bei Modalanalysen erfolgten in Volumen-Prozent (Vol.-%), die chemischen Analysen in Gewichts-Prozent (Gew.-%).

Die Druckfestigkeit der Gesteine ist in N/mm^2 angegeben (Umrechnung früherer Druckfestigkeiten: 1 N/mm^2 = 9,81 oder rund 10 kg/cm^2).

Rohdichten sind, da nach wie vor in der Praxis gebräuchlich, in g/cm^3 angegeben (korrekt: cN/cm^3).

Die im Literaturverzeichnis angeführten Geologischen Karten stellen eine Auswahl wichtiger Karten dar. Auf das laufend weitergeführte Geologische Kartenwerk von Bayern 1:25 000 (zu beziehen beim Bayerischen Geologischen Landesamt) wird verwiesen. Blattschnitte und Blatt-Nr. dieser Karte sind aus dem Gitternetz der vorliegenden Übersichtskarte zu ersehen (Beispiele: Blatt-Nr. 5927 Schweinfurt, Blatt-Nr. 7941 Trostberg).

Magmatite

(WINFRIED WEINELT)

Magmatische Gesteine (Magmatite, Eruptivgesteine) sind im wesentlichen Kristallisationsprodukte aus einer natürlichen glutheißen silikatischen Schmelze, dem sogenannten Magma. Es handelt sich bei dem zunächst in der Tiefe unter Bedeckung verborgenen Magma um einen teilweise recht heterogenen silikatischen Schmelzbrei, in dem neben viel gelöstem Gas auch bereits Kristalle oder Kristallaggregate abgeschieden sind. Solche Magmen können in der Tiefe als mittel- bis großkörnige Plutonite (Tiefengesteine) auskristallisieren, so zum Beispiel als Granit. An labilen Stellen innerhalb tektonischer Bruchzonen werden derartige magmatische Schmelzen unter der Voraussetzung, daß sie stark überhitzt sind, aus ihrer Magmakammer der Tiefe weiter aufsteigen. Im Zuge vulkanischer Ereignisse intrudieren sie oberflächennah in den dort befindlichen Schichtenverband oder sie fließen effusiv (superfiziell) unter heftiger Entgasung über die Erdoberfläche als Lava aus.

Aus den oberflächennah intrudierten Schmelzen entstehen bei ihrer Kristallisation im allgemeinen mittel- bis feinkörnige Vulkanite (vulkanische Gesteine), aus extrusiven Schmelzen (Laven) klein- bis dichtkörnige Vulkanite. Die extrusiven Laven kühlen sich schneller ab und haben bei ihrer Kristallisation einen größeren Anteil des ursprünglich gelösten Gases verloren. Das führt zu einer deutlichen Abnahme der Korngröße im vulkanischen Gestein, so zum Beispiel bei der Entstehung von Basalt. Da die Schmelzen der Magmatite aus tieferen Teilen der Erdkruste oder des Oberen Erdmantels nach oben gelangen, spricht man auch von Eruptivgesteinen. Ihre vorwiegend massige Beschaffenheit hat gelegentlich auch zur Bezeichnung Massengesteine geführt.

Häufig kommt es zur Bildung mächtiger Schichten von vulkanischer Asche. In verfestigter Form spricht man von vulkanischen Tuffen. Dieses ausgeworfene vulkanische Material kommt oft in engem Verband mit Laven vor. Es wird unter dem Begriff pyroklastische Gesteine (Pyroklastika) zusammengefaßt.

Plutonite

Gabbro (100), Metagabbro (203)

Gebiet des Hohen Bogen

Gabbro und Gabbroamphibolite des Massivs von Neukirchen bei Hl. Blut bilden eine N-fallende Platte zwischen den moldanubischen Komplexen des Bayerischen und des Böhmerwaldes und der mittelböhmischen Scholle. Die südöstliche Grenze des Gabbromassivs wird von einem Kranz basischer Differentiate (Dunite, Harzburgite, Websterite, Enstatit- und Diallagfelse) begleitet. An die Kontakte zu Gneislinsen sind die Pyroxenite von Warzenried sowie die Diallagite nördlich von Kleinaign gebunden.

Gesteinsausbildung und Eigenschaften: Mittelkörniger, schwarzer und dunkelgrau gesprenkelter Gabbro mit gabbroider Pflasterstruktur und Gefügeregelung der Hauptgemengteile: Plagioklas (Labrador-Andesin) und Diallag (an dessen Stelle auch Hornblenden)
mit den Akzessorien: Apatit, Titaneisen, sulfidische Erze (Magnetkies, Kupferkies, Schwefelkies), Zirkon
und den Übergemengteilen: Olivin, rhombische Pyroxene, Biotit.

Die metamorphe Umwandlung der Gabbros in Flasergabbros und Flaseramphibolite, mit der Entstehung straff geregelter flächenhafter Paralleltexturen in Form von tektonischen Entmischungstexturen ist an die Randgebiete des Massivs sowie an die Nähe eingeschalteter Gneiszüge geknüpft. Es erfolgt eine Differenzierung in dunkle Hornblende- und weiße Feldspatbänder und -lagen.

Zum Unterschied davon sind die Gabbroamphibolite aus dem Inneren des Massivs dunkler gefärbt und gleichkörnig im Gefüge bezüglich Plagioklas und Hornblende, die nicht lagenweise voneinander gesondert sind.

Die stabile Mineralparagenese, der die deformierten Gesteine zustreben, besteht aus:
Plagioklas (Oligoklas-Albitoligoklas-Albit), grüne Hornblende, Epidot, Klinozoisit, β-Zoisit, Rutil, in Randzonen Granat aus Plagioklas, Prehnit, Chlorit, Leukoxen.

Gewinnung und Verwendung: In größerem Umfang wurde mittelkörniger, gefügegeregelter (Faser: N15°0-N30°0) Gabbro um die Jahrhundertwende in dem sogenannten „Böhmischen Steinbruch" = Grenzbruch am Hohen Stein bei Vorderbuchberg abgebaut.

Es wurden im wesentlichen polierte Grabsteine und Großpflaster hergestellt. Der Abtransport des Materials erfolgte damals zum Teil über Neuern in Böhmen nach Bayern. Der Abbau ist nicht durch den Mangel an veredelbarem Werksteinmaterial, sondern durch die Schwierigkeiten des Abtransportes zum Erliegen gekommen.

Auf dem Friedhof von Neukirchen bei Hl. Blut befinden sich Grabsteine, die aus dem Gesteinsmaterial des Bruches vom Hohen Stein hergestellt worden sind. Das Gestein ist nach achtzig Jahren noch hochglänzend und zeigt keine störenden Verfärbungen. Es hat sich demnach als polierbar, politur- und wetterbeständig erwiesen. Dunkle, feinkörnige, 180° streichende und 55–70° W-einfallende gabbroide Gänge mußten auf einer 2 m breiten Zone in der südöstlichen Bruchwand ausgehalten werden.

Ein weiterer Abbau für die Gewinnung von Bruchsteinen, Packlagen- und Schottermaterial sowie von bossierten Rohblöcken für polierte und geschliffene Grabsteine befand sich in der Lüst, einer Bruchanlage am N-Hang des Lüstberges.

Gewinnungsstellen von Gabbroamphibolit waren südlich Unterrappendorf, nordöstlich Oberdörfl, am Föhrenberg und am Blätterberg angelegt.

Für die Gewinnung von Straßenbaustoffen (Schotter) wird gegenwärtig noch Gabbro, Gabbroamphibolit und Gabbroporphyrit in einem Steinbruch bei Daberg bedarfsweise abgebaut und in Kothmaißling verarbeitet. Der Schlagzertrümmerungswert von Splitt liegt hier bei $SZ_{Sp\ 8/12} = 16{,}5$ Gew.-%.

Vorkommen: Der Raum des Hohen Bogen bis zum Karpfling und Dieberg wird von normalgabbroiden Gesteinen eingenommen. Bei Eschlkam, Lemming, nördlich von Stachesried und Warzenried treten grobkörnige anorthositische Gabbros auf. In ihnen sind bankartig feinkörnige dunkle Gesteine eingeschaltet. Auf das Vorkommen von Gabbroamphiboliten im Innern des Massivs und von Flasergabbros und Flaseramphiboliten in den Randgebieten sowie im Bereich eingeschalteter Gneiszüge wurde bereits hingewiesen.

Stand 2000

Gebiet zwischen Kaimling und Irchenrieth

Gesteinsausbildung und Eigenschaften: Dunkelgrüngraues, bei Verwitterung graublaues, mittel- bis kleinkörniges, selten grob- oder feinkörniges Gestein mit richtungslosem Gefüge. Zwischen ophitartigen Plagioklasen füllen Pyroxen und Hornblende die Zwickel.

Mineralbestand: Diallag, Diopsid, Hornblenden, Biotit, Pennin, Klinochlor, Stilpnomelan, Titanit, Erz, Apatit, Plagioklas, Klinozoisit, Sericit, Karbonat, Quarz, vereinzelt Granat, Prehnit und Pektolith.

Von den Gabbros bestehen Übergänge in Flasergabbros und Amphibolite. Die Flasergabbros umflasern die Gabbros oder bilden Scherbahnen in ihnen. Viele Gabbrokörper sind völlig durchbewegt und liegen als Flasergabbros oder Amphibolite vor. Sie bilden gestreckte Linsen.

Korngröße und Farbe entsprechen den Verhältnissen in den Gabbros. Plagioklas- und Hornblende-Teilgefüge werden in der Schieferung eingeschlichtet und gestreckt.

Gewinnung: Steinbruch an der Herrenmühle bei Kaimling.

Vorkommen: Gabbroide Gesteine und ihre ultrabasischen Differentiate (Peridotit und Diallagit) kommen besonders zwischen Kaimling und Irchenrieth, westlich der Hammermühle, um Hermannsberg und südlich bis südöstlich der Herrenmühle vor.

Stand 2000

Redwitzit (101)

Die nach ihrem Stoffbestand intermediären bis basischen redwitzitischen Gesteine treten ohne petrographische Unterschiede sowohl im Saxothuringikum, als auch im Moldanubikum auf. WILLMANN (1920) bezeichnete die Gesteine nach dem Städtchen Marktredwitz (ehemals Markt Redwitz) als „Redwitzite". C. W. v. GÜMBEL (1868, 1879) benannte sie als „Syenitgranite". Im Volksmund werden die Redwitzite auf Grund der wahllos gerichteten sperrigen Biotitblätter verschiedener Größe mit dem Ausdruck „Hennagscharr" (Hühnergescharre) bedacht.

Gesteinsausbildung und Eigenschaften: An einzelnen Varietäten dieser überwiegend dunkel (dunkelgrau, dunkelbläulichgrau) gefärbten Gesteine, die untereinander fließende Übergänge zeigen, werden im Bereich der Typuslokalität fein- bis mittelkörniger Redwitzit sowie Redwitzit mit sperrigen Biotiten neben Mischredwitziten, teils mit großen Kalifeldspäten, teils mit rundlichen (1–2 mm ∅) Kalifeldspatblasten (Typus Seußen) unterschieden.

Zur Mineralparagenese des primären Mineralbestandes, die als Ansammlung von magmatischen Einsprenglingen in einer Kristallisation I gedeutet wird, gehören:
Olivin, Hypersthen, Biotit, Labrador und Hornblende I.
Zu einer zweiten Kristallisationsphase, die als Wachstumsphase am Ort der Erstarrung gedeutet wird, zählen:
Klinopyroxen, Andesin-Oligoklas, Hornblende II, Mikroklin und Quarz.

Das verschränkte Gefüge der vorstehend aufgeführten Minerale bedingt eine große Zähigkeit des Gesteins, als dessen Folge bei Verwitterungsprozessen „Wollsack"-Bildung auftritt. Daneben ist bei kleinkörnigen Redwitzitvarietäten eine sphäroidische Absonderung verbreitet. Durch Herauslösen der gegenüber der Verwitterung weniger widerstandsfähigen dunklen Minerale, vor allem der Hornblenden, besitzen mafitenreiche Redwitzite oftmals eine narbige oder löcherige Rinde. Zentimeterbreite Albit- und Quarz-führende Gänge durchziehen das Gestein.

Technische Gesteinsdaten

	Wölsauer Höhe	Seussen
Rohdichte	–	2,73 g/cm^3
Druckfestigkeit	235 N/mm^2	203 N/mm^2
Biegezugfestigkeit	–	15 N/mm^2
Wasseraufnahme	–	0,47 Vol.-%
lieferbare Dimensionen	–	10x1x1 m
gegen Frost	–	beständig
gegen Aggressorien	–	beständig
Politur	–	haltbar

Der Redwitzit aus der Flur „Steinich" zwischen Garmersreuth und Röthenbach besitzt bevorzugte Spaltrichtungen nach den Kluftrichtungen des Lagers 195° S/13°, des Ganges 53° NO und des Stutzes 153° SO mit Kluftabständen von 4x1,8x1,5 m. Ihre bei weitem nicht so günstig ausgeprägte Klüftung wie die der Granite, erleichtert dennoch ihre Gewinnung und Bearbeitung.

Gewinnung und Verwendung: Das 20 km^2 große Vorkommen von Marktredwitz gab Anlaß zu einer über hundert Jahre blühenden Natursteinindustrie. Der „Syenit von Redwitz" war wegen seiner Verwendung zu monumentalen Baudenkmälern berühmt. Umfangreich war seine Verwendung für ornamentale Zwecke (Sakralbauten, Außenfassaden, Treppen, Bodenbeläge). Wegen seiner dunkleren Tönung wurde er vor allem für Grabsteine und Denkmalsockel verschliffen. Wegen seiner Härte und Widerstandsfähigkeit gegen Verwitterung lieferte er ein sehr geschätztes Material für Pflastersteine.

Heute ist als einziger nur noch der Steinbruch Steinich zwischen Garmersreuth und Röthenbach in Betrieb. Hier werden außer einem mittelkörnigen (Quarz-) Redwitzit mit granodioritischer Tendenz noch von Apophysen porphyrischen

Granits durchdrungene Mischredwitzite abgebaut (Handelsname: Seussener Syenit). Das Gestein dient der Herstellung von Papierwalzen.

Die Steinbrüche auf der Wölsauer Höhe, in denen ein basischer Redwitzit gebrochen wurde, wurden 1961/62 aufgelassen und 1964 völlig aufgegeben. Der Steinbruch Wölsau, in dem ein mittelkörniger dioritischer Redwitzit anstand, wurde 1963 bei Flurbereinigungsarbeiten vollständig zugeschüttet. Das gleiche gilt für den Steinbruch Wölsauer Hammer, in dem ein mittelkörniger Hornblende-reicher dioritischer Redwitzit gewonnen wurde. Der 1965 endgültig aufgelassene und ersoffene Steinbruch Grafenstein, 2,5 km nordnordöstlich von Lorenzreuth, erschloß einen mittelkörnigen dioritischen Redwitzit, in seinem Nordteil Mischredwitzite und Titanitflecken-Redwitzit. Der ebenfalls aufgelassene und verwachsene Steinbruch Fußbühl, 700 m östlich Lorenzreuth, war in einem mittelkörnigen Redwitzit mit sperrigen Biotiten angelegt.

V o r k o m m e n: Den räumlich größeren Redwitzitgebieten Oberfrankens und der nördlichen Oberpfalz stehen die verstreuten Vorkommen in der südlichen Oberpfalz und im Bayerischen Wald gegenüber.

Die Redwitzite nordöstlich von Marktredwitz bilden als prägranitische Intrusivgesteine mit noritischem bis granodioritischem Chemismus einen geschlossenen, etwa 20 km^2 großen Körper mit ovalem Anschnitt an der Erdoberfläche, dessen Ausmaße in SW-NO-Richtung 7 km und in NW-SO-Richtung 4 km betragen. Es handelt sich hierbei um einen in seiner stofflichen Zusammensetzung und in seinem Gefüge stark veränderlichen Gesteinsverband, in dem durch den nachfolgend eingedrungenen Granit 100 m breite Zonen von „Mischredwitziten" geschaffen wurden.

Eine redwitzitisch-dioritische Randfazies besitzt auch der Weißenstädter Porphyrgranit nördlich von Weißenstadt und Oberröslau. In der nördlichen Oberpfalz bilden fein- bis grobkörnige Redwitzite außer den bekannten Vorkommen von Reuth bei Erbendorf, vor allem östlich von Tirschenreuth langgestreckte, schmale, NO-streichende Züge zwischen Gründlbach und Treppenstein.

In dem NW-SO-streichenden, maximal 1,5 km breiten Zug redwitzitoider Gesteine zwischen Windischeschenbach und Floß sind zahlreiche Gewinnungsstellen östlich Windischeschenbach, nördlich Kotzenbach, an der Rotzenmühle südlich Rotzendorf, südlich Püchersreuth, nordwestlich Gailertsreuth und nordöstlich Hardt angelegt worden.

Gangförmige Redwitzite begleiten in N-S-Richtung die Störungszone Vohenstrauß – Waldthurn – Plankenhammer. Das am Galgen-Berg, südwestlich Pleystein, in SW-NO-Richtung verlaufende gangförmige Vorkommen wurde durch vier Kernbohrungen untersucht. In dem durch zwei Steinbrüche aufgeschlossenen Redwitzitvorkommen nördlich Grabenstädt wurden bis vor einigen Jahrzehnten große Blöcke für die Verarbeitung zu Denkmälern und Grabsteinen gewonnen. Im Raum Dietersdorf sind dem Cordierit-Sillimanit-Flasergneis NO-gerichtete mächtige Gänge von zum Teil hornblendereichen Redwitziten eingeschaltet. In den feinkörnigen dioritartigen Varietäten, wie sie hier im Bereich des Lindauer Berges auftreten, wurde noch während des letzten Krieges ein ansehnlicher Abbau zu Pflastersteingewinnung betrieben, von dem jetzt nurmehr ein großer verlassener Bruch am Gipfel des Berges zeugt.

Redwitzitische Metabasite und graue, schwarz-weiß gesprenkelte redwitzitische Hornblende-Biotit-Gneise treten im Naabgebirge, im Regensburger und Bayerischen Wald in kleineren linsen- oder gangförmigen Einschaltungen auf. Sie sind häufig dem Gneisbau als konkordante Lagen eingeschlichtet oder in bereits stark anatektischen bis diatektischen Gneisen eingelagert. Ein Abbau fand hier nur südöstlich von Willhof-Altenberg statt.

Grobkörnige redwitzitische Gesteinseinschlüsse und Schollen in den Intrusivgesteinen des Passauer Waldes werden in den Steinbrüchen südöstlich Waldkirchen und südlich Wotzdorf im Zuge der Werkstein- und Schottergewinnung mit abgebaut.

Redwitzitoide Gesteine finden sich auch im Gneisrahmen der Gabbro-Amphibolitmasse von Neukirchen bei Hl. Blut.

Stand 2000

Diorit (102)

Diorit tritt im Vorspessart, im Regensburger Wald und im Passauer Wald in unterschiedlicher Ausbildung und Verbreitung auf.

Vorspessart

Im Südteil des Vorspessarts ist ein Komplex dioritischer bis quarzdioritischer, örtlich granodioritischer Gesteine mit aplitgranitischen Einschüben angeschnitten.

Gesteinsausbildung und Eigenschaften: Bei dem vorliegenden dioritischen Gestein handelt es sich im wesentlichen um ein plagioklasmetablastisches Umkristallisationsprodukt aus einem paragen-metamorphen Altbestand.

Gefüge: Im Dezimeter- bis Meterbereich wechseln plutonitartig homogene Partien von dioritischer bis quarzdioritischer Zusammensetzung mit inhomogenschlierigen Bereichen. Bei letzteren lassen sich wiederum basische Schollen und Schlieren sowie sauere Trümer und Schlieren unterscheiden. Die basischen Schollen sind im allgemeinen parallel zum generellen SW-NO- bis SSW-NNO-Streichen eingeregelt, während die hellen Trümer den Gesteinsverband in beliebigen Richtungen durchsetzen.

Die plutonitartig homogenen Partien im Diorit sind mittel- bis grobkörnig und meist vollständig homophan entwickelt. Stellenweise ist durch parallel angeordnete Plagioklase schon eine Gefügeregelung erkennbar.

Hauptgemengteile: Bläulichweißer Plagioklas (3–5, max. 20 mm), Hornblende (1–5 mm), Biotit (1–3 mm) und Quarz. Akzessorien: Titanit, Orthit, Epidot, Apatit, Erz und Zirkon. Zwischen Plagioklasporphyroblasten bilden die dunklen Gemengteile ein eng verfilztes Grundgewebe. Hierbei werden die Plagioklase von Biotit-Hornblende-Aggregaten umflasert.

In den schlierigen Partien mit sukzessiver Einsprossung von Kalifeldspat – im Diorit sind bläulichweißer Plagioklas, rötlichweißer Kalifeldspat, grauer Quarz in wechselndem Mengenverhältnis miteinander verwachsen. Hornblende bildet

gelegentlich bis 1 cm große Idioblasten, Biotit ist stellenweise in grobschuppigen Aggregaten angereichert. Nebengemengteil ist hier Titanit, die sonstigen Akzessorien entsprechen denen im Diorit. Daneben treten 1,5 cm breite, rötliche Trümer und Schlieren auf, die in aplitoide oder pegmatoide Trümer und Gänge übergehen.

Technische Gesteinsdaten

	Schweinheim	Gailbach
Rohdichte	2,95 g/cm³	–
Druckfestigkeit	115–213 N/mm²	171 N/mm²
Zähigkeitswertziffer	–	154 kg/cm³
Sprödigkeitszahl	–	11,3
Abnutzbarkeit (Schleifverfahren) und Abnutzung nach Gewicht	8,4–11,6 g	0,09 cm³/cm²

	Dörrmorsbach	Oberbessenbach
Rohdichte	–	2,80–2,82 g/cm³
Druckfestigkeit	163–184 N/mm²	201 –266 N/mm²
Zähigkeitswertziffer	–	–
Sprödigkeitszahl	–	–
Abnutzung nach Gewicht	9,8 –10,5 g	15,5–16,8 g

Gewinnung und Verwendung: Steinbrüche am Stengerts bei Schweinheim, am Heinrichsberg bei Dörrmorsbach und an der Zeckenmühle bei Oberbessenbach.

Zahlreiche verlassene Steinbrüche im Bereich des Exerzierplatzes bei Schweinheim, bei Gailbach (Goldenes Loch, Grüner Baum), bei Dörrmorsbach (u. a. Benzenbruch), bei Straßbessenbach (u.a. am Waldmichelbacher Landweg), bei Waldaschaff (im vorderen Hessentälchen), und bei Hain i. Sp.

In den im Verbreitungsbereich des Diorits zahlreichen Kersantitbrüchen wurde früher auch der anfallende Diorit mitgewonnen. Verlassene kleinere Gewinnungsstellen liegen im oberen Bessenbachtal, südöstlich von Keilberg und im Kleinaschafftal, südlich von Waldaschaff.

Verwendung: Schottergut, Packlagenmaterial, Betonzuschlag, Splitt, Wasserbausteine.

Vorkommen: Ein 12 km² großes Gebiet im südlichen kristallinen Vorspessart, das durch die Ortschaften Schweinheim, Gailbach, Dörrmorsbach, Bessenbach, Waldaschaff und Hain i. Sp. näher gekennzeichnet wird.

Stand 2000

Regensburger Wald

Mit den Handelsnamen „Syenit, Syenitgranit, Granitsyenit und Blaugranit" bezeichnet man im Regensburger Wald eine Gruppe dioritischer Intrusivgesteine.

Gesteinsausbildung und Eigenschaften: Dunkler, blaugrauer bis schwarzer, feinkörniger, seltener auch mittelkörniger Diorit. Die Zusammensetzung schwankt von gabbrodioritisch (mit bis 15% Pyroxen und Hornblende) über granodioritisch (kein Pyroxen, aber Hornblende, neben Plagioklas auch schon Kalifeldspat), quarzglimmerdioritisch und quarzmonzonitisch bis normalgranitisch. Alle diese Gesteinstypen sind durch Übergänge miteinander verbunden.

Feinkörnigkeit, richtungslos-massiges Gefüge, in dem die leistenförmigen und dünntafeligen Gemengteile ein sperriges oder eng verschränktes Gewebe bilden, bedingen gute technische Eigenschaften, wie hohe Druckfestigkeit und Zähigkeit.

Technische Gesteinsdaten

	Roßbach, „Himmelleite"
Rohdichte	2,75–2,77 g/cm^3
Druckfestigkeit	275–304 N/mm^2
Abnutzbarkeit (Schleifverfahren)	0,12 cm^3/cm^2
Zähigkeitswertziffer	275 kg/cm^2 · cm kg/cm^3
Wasseraufnahme	0,17 Vol.-%

Gewinnung und Verwendung: Im Einzelaufschluß wechselt die Gesteinsausbildung derart, daß verschiedene Diorittypen nebeneinander auftreten, die mitunter Gneis- und Graniteinschlüsse enthalten oder von Granit-, Pegmatit- und Aplitgängen durchsetzt werden. Diese Gänge sind mit dem Diorit eng verschweißt und die Fremdeinschlüsse randlich vom Diorit infiltriert, so daß dieser Wechsel im Gesteinsmaterial keine Verschlechterung der technischen Eigenschaften bedingt. Beim Abbau lassen sich diese weniger erwünschten Beigaben nicht einzeln aushalten. Im Steinbruchbetrieb versucht man daher, den einzelnen Dioritsorten nachzugehen.

Zentrum des Dioritabbaus ist die Umgebung von Roßbach, Gumping und Treidling. Weitere Gewinnungsstellen liegen am Refberg, östlich Wolferszwing. Früher wurde der Diorit auch in zwei Brüchen östlich Michelsberg gewonnen, eine weitere Gewinnungsstelle, 1 km südlich Roßbach, der sogenannte „Kofeld-Bruch", soll wieder in Betrieb genommen werden.

Der Roßbacher Diorit liefert Wasserbausteine (Wasserwurfsteine) und Pflastersteine (Groß-, Klein- sowie Mosaikpflastersteine), bevorzugt jedoch Schrotten, Schotter für den Bahn- und Straßenbau sowie Edelsplitte und Edelbrechsand. Der Schlagzertrümmerungswert von Splitt aus Treidlinger Granodiorit $SZ_{Sp\ 8/12}$ liegt bei 16,9 Gew.-%.

Vorkommen: Im Regensburger Wald bilden die dioritischen Intrusivgesteine kilometerlange Gänge von einigen Zehner bis zu einigen Hundert Meter Mächtigkeit, die mit NW- bis NNW-Streichen quer durch das NO-streichende Schieferungsflächengefüge der Gneise und des älteren Kristallgranit I vom Typus Weinsberg hindurchsetzen.

Stand 2000

Passauer Wald

Im Passauer Wald sind Diorite im Intrusivgebiet von Fürstenstein und in einem Zug, der vom Südende dieses Gebietes gegen NO, gegen den Pfahl verläuft, verbreitet.

Fürstensteiner Intrusivgebiet

In dem etwa 160 km^2 großen Intrusivgebiet von Fürstenstein nehmen die Diorite einen bis zu 10 km langen und bis zu 2 km hreiten, von verschiedenen Granitvarietäten unterbrochenen, etwa W-O-verlaufenden Bereich ein. Die sich überkreuzenden, in NO- und NW-Richtung angeordneten Dioritschollen folgen dabei zum einen den NO-gerichteten Querklüften im Gneisgebirge, zum anderen dem Streichen der Gneise selbst.

Gesteinsausbildung und Eigenschaften: An Dioritvarietäten treten auf: Mittelkörniger Hornblende-Glimmerdiorit („Paradiesdiorit"), feinkörniger Fürstensteiner Quarzglimmerdiorit, Steininger und Panholzer Quarzglimmerdiorit, Titanitfleckendiorit, Hornblende-Biotit-Fleckendiorit sowie Tittlinger, Peigertinger und Wendlberger Mischdiorit.

Quarzglimmerdiorite:
Unterpollinger Plagioklasdiorit; schwarzscheckig, mittel-, z.T. feinkörnig, reich an Plagioklas, mit großen Biotiten und bis zu 8 mm langen Hornblendesäulchen sowie braunem Titanit.

Paradiesdiorit; mittelkörniger, sehr homogener Hornblende-Glimmer-Diorit mit regellosem Gefüge. Garbig bis flockig angeordnete längliche Plagioklase in einer aus Biotit und Hornblende bestehenden Kornmasse, an der auch Quarz beteiligt ist. Reich an grünen Hornblendeaggregaten in dichter Verteilung. Schwefelkies. Gestein frei von granitischen Infiltraten und Gängen sowie frei von Gneisschollen. Es umschließt noch älteren Diorit.

Fürstensteiner Quarzglimmerdiorit; feinkörnig, mit 5 bis max. 8 mm langen Plagioklasleisten in feinkörniger biotitreicher Grundmasse, die durch Biotitbutzen von etwa gleicher Größe mit seltenen Relikten von Hornblende aufgelockert wird.

Titanitfleckendiorit; feinkörnig, mit gestreckten 3 – 5 mm langen, z.T. bis 1 cm großen Quarz-Feldspat-Augen, in deren Kern ein Titanitkristall oder Titaneisenkorn liegt. Dunkles Teilgefüge aus Biotit, Plagioklas und Quarz mit seltener Hornblende in Hornblende-Biotit-Flecken. Mitunter bis 2 cm lange Mikroklinxenoblasten.

Panholzer Quarzglimmerdiorit; feinkörnig mit durchschnittlich 3.800 0,5 cm ∅ Hornblende-Biotit-Flecken pro m^2, Biotit fluidal geregelt, braune Titanitkörner.

Hornblende-Biotit-Fleckendiorite:
Hornblende-Biotit-Fleckendiorite (Varietäten: Buchleiten, Himmelreich, Preinting); mittelkörnig mit 1.000 bis 1.200 3–5 bis max. 10 mm ∅ Hornblende-Biotit-Flecken pro m^2, Kalifeldspat führend.

Tittlinger Mischdiorit; mittelkörnig, Mischgestein aus Titanitfleckendiorit und Tittlinger Granit.

Peigertinger Mischdiorit; fein- bis mittelkörnig, spärliche Hornblende-Biotit-Flecken, cm-breite Biotitanhäufungen, cm-große Mikrokline mit braunen Titanitkörnern.

Wendlberger Mischdiorit, gestreckte Hornblende-Biotit-Flecken, schwarze, hypidiomorphe Biotite, Mikroklingroßkristalle in mittelkörniger biotitreicher titanitführender Grundmasse.

Mineralbestand einzelner Dioritvarietäten in Vol.-%

	1)	2)	3)	4)	5)	6)	7)	8)	9)
Plagioklas	45–66	42–46	50,4	37,7	48,2	42,0	46,2	38,9	31,9
Kalifeldspat Mikroklin	0–5	0,3–0,5	1,6	8,3	1,9	9,5	8,5	16,5	3,5
Quarz	4–28	21–23	20,7	14,9	27,6	23,5	25,6	22,0	27,8
Biotit (+Chlorit)	8–21	35–28	21,6	18,3	19,4	19,5	17,0	16,1	33,6
Hornblende	4–24	–	3,0	16,3	–	2,0	–	3,6	–
Titanit	+–2		1,4	2,1	0,4	1,4	1,4	0,9	–
Apatit	+	1,2–0,7	0,9	1,4	1,2	0,9	0,8	1,0	1,3
Zirkon, Epidot, Orthit	+ + +	0,4––	0,2	0,5	0,2	0,8	0,3	0,3	0,2
Erz	+	––1,7	0,2	0,5	1,1	0,4	0,2	0,7	1,7
Akzessorien (Calcit ±)	+ –								

1) Diorit (Schwankungsbreite), Vorspessart
2) Quarzglimmerdiorit, Roßbach, Regensburger Wald
3) Plagioklasdiorit (Mittel) Unterpolling
4) Paradiesdiorit (Mittel) Fürstenstein
5) Quarzglimmerdiorit (Mittel) Fürstenstein
6) Titanitfleckendiorit (Mittel) Steinbruch „Buchet"
7) Tittlinger Mischdiorit (Mittel) Steinbruch „Buchet"
8) Hornblende-Biotit-Fleckendiorit (Mittel) Steinbruch „Himmelreich"
9) Quarzglimmerdiorit, Rattenberg

Technische Gesteinsdaten

	Paradiesdiorit Fürstenstein	Quarzglimmerdiorit Steining
Rohdichte	2,82 g/cm³	–
Druckfestigkeit	201 N/mm²	176 N/mm² (Mittel)
Wasseraufnahme	0,31 Vol.-%	–
Abnutzung nach Gewicht	–	11,3 g
lieferbare Dimensionen	3,0 x 2,0 x 1,5 m	–
gegen Frost	beständig	–
gegen Aggressorien	beständig	–
Politur	unbeschränkt haltbar	–

Für die Gewinnung und Bearbeitung der Gesteine ist ihre gute Teilbarkeit sehr von Nutzen, die auf einer linearen Streckung und teilweisen flächigen Schieferung der Vorkommen beruht. Die Hauptspaltrichtungen stehen – von kleinen örtlichen Abweichungen abgesehen – meist nahezu senkrecht aufeinander.

Gewinnung und Verwendung: Der Hauptabbau konzentriert sich auf das Intrusivgebiet von Fürstenstein-Tittling im Saldenburger Granitmassiv. Steinbrüche im Raum Fürstenstein, südwestlich von Tittling.

Steinbruch „Paradies"; Klein- und Großpflaster, Wasserbausteine. Der „Paradiesdiorit" ist auf Grund seiner Homogenität und Gleichkörnigkeit auch für Denkmäler und Werksteine (Grabmale und Bauarbeiten aller Art) geeignet. Beispiele: Universität Regensburg, Zentralschule Regen, Realschule Tittling, Fußgängerzone Weilheim, Schloßterrasse Bad Alexandersbad.

Steinbruch „Steining"; Steininger Quarzglimmerdiorit
Steinbruch „Moosholz"; Hornblende-Biotit-Fleckendiorit
Steinbruch „Merckenschlager"; Hornblende-Biotit-Fleckendiorit
Steinbruch „Schafreuth-Ost"; Steininger Quarzglimmerdiorit
Steinbruch „Schafreuth-West"; Steininger Quarzglimmerdiorit
Steinbruch „Ochsenreuth"; Panholzer Quarzglimmerdiorit
Steinbruch „Alzenmühle"; Quarzglimmerdiorit
Steinbruch „Fälsching"; Hornblende-Biotit-Fleckendiorit

In den vorgenannten Steinbrüchen werden Werksteine, Kleinpflaster, Straßenbaustoffe, wie Splitte, Frostschutz- und Mineralgemische, Edelbrechsande und Brechsande hergestellt.

Vorkommen: Der Hauptabbau konzentriert sich auf das Intrusivgebiet von Fürstenstein-Tittling im Saldenburger Granitmassiv.

Stand 2000

Dioritzug Südende Fürstensteiner Intrusivgebiet – Kaltwasser am Pfahl

Die einzelnen Dioritkörper stellen hier bis km²-große Linsen und Platten dar. Sie verlaufen in W-O-Richtung und tauchen flach bis mittelsteil nach N ein. Sie erreichen Mächtigkeiten von mehreren Zehner Metern.

Gesteinsausbildung und Eigenschaften: Richardsreuth; schwärzlichgrauer, hornfelsartiger, dichter bis feinkörniger Quarzglimmerdiorit. Hauptgemengteile: Plagioklas, Kalifeldspat, Quarz, Biotit, Hornblende.

Das feinkörnige Gefüge des Gesteins bedingt seine große Festigkeit und Zähigkeit.

Technische Gesteinsdaten

	Richardsreuth
Druckfestigkeit	307–341 N/mm², Mittel 321 N/mm²
Zähigkeitswertziffer	597–978 kg/cm² · cmkg/cm³, Mittel 739 kg/cm² cmkg/cm³
Sprödigkeitsmaß	4,4
Abnutzbarkeit (Schleifverfahren) in cm³/cm² Schleiffläche	0,098 cm³/cm² (Mittel)

Gewinnung und Verwendung: Am Ausbiß einer flach nach N einschiebenden, mehr oder weniger W-O-streichenden 15 bis 20 m dicken Quarzglimmerdioritplatte ist der Steinbruch 1 km nordnordöstlich von Richardsreuth angelegt. Am hangenden und liegenden Kontakt zu dem die Dioritplatte über- und unterlagernden Gneisanatexit wird sie von Meter-mächtigen Granitgängen begleitet und herausgeschält. Mit dem Fortschreiten des Abbaus gelangt der Steinbruch deshalb zunehmend in das hangende und liegende Gneisgebirge. Eine weitere Gewinnungsstelle ist das Grandiorwerk, nordöstlich Steinerleinbach. Aufgelassene Gewinnungsstellen sind die Dioritbrüche südlich der Haltestelle Fischhaus und auf dem Paulusberg, nördlich Röhrnbach sowie bei Appmannsberg. Verwendung: Schotter für den Bahn- und Straßenbau.

Vorkommen: Nördlich des Hauzenberger Granitmassivs bilden Quarzglimmerdiorite einen 2 km breiten Streifen, der vom Südende des Fürstensteiner Intrusivgebietes herüberstreicht und bei Kaltwasser an den Pfahl stößt.

Ein unterbrochener Zug von Quarzglimmerdioritlinsen folgt der Pfahlzone zwischen Rattenberg, Altwies, Oberstein, Friedenstadl, Unterlaubberg, Haiderhof, Masselsried, Prünst und Kirchberg im Süden. Ein weiterer, ebenfalls unterbrochener Zug von Quarzglimmerdiorit beginnt bei Gotteszell und ist über Bischofsmais, Hochbruck und Padling bis Hunding zu verfolgen.

In den Steinbrüchen von Prünst und Wildtier findet sich Quarzglimmerdiorit und Schollen desselben im Granit und Granodiorit neben deformiertem Quarzdiorit. Dasselbe gilt für die Vorkommen von Eging und Rattenberg. Bei Rattenberg steht ein komplexer, N 160° O-streichender, mit 70° gegen ONO einfallender

Gesteinsverband aus Orthogneisen, Kristallgranit und Quarzglimmerdiorit in Abbau. Der Diorit enthält hier Schollen eines hellen Orthogneises aus deformiertem Kristallgranit und bildet selbst Schollen im Granodiorit.

Verwendung: Bahn- und Straßenbaustoffe, Frostschutzmischungen, Mineralbeton, Edelputz und Brechsande.

Aufgelassene Gewinnungsstellen von Quarz-Glimmer-Diorit befinden sich im Bürgerholz, südwestlich Falkenstein, am Hammühlberg und bei den Seelandenhöfen, nördlich Oberzell, südlich Willetstetten sowie am Ochsenberg, nordwestlich Kiesried, südöstlich Reichenbach. Sie dienten früher der Erzeugung von Pflastersteinen, Packlagenmaterial und von Schotter. Hierher gehört auch der Diorit vom Kirchenberg, nördlich Pilgramsberg, bei Stallwang.

Ein granodioritischer Plagioklasdiorit (Unterpollinger „Granodiorit") wird 200 m westlich P 445, südsüdwestlich Unter-Polling in einem etwa 2 ha großen Steinbruch abgebaut.

Gesteinsausbildung und Eigenschaften: Eine Scholle dioritischen Materials führt an vielen Stellen Gneisschollen bis zu mehreren Metern Durchmesser. Sie liegt allseitig in Zweiglimmergranit eingebettet, dessen Gänge sie mehrfach durchschlagen.

Das mittelkörnige, zum geringen Teil feinkörnige Gestein ist auffallend plagioklasreich, führt große Biotite und weit weniger, bis zu 8 mm lange Hornblendesäulen sowie braune Titanitkriställchen.

Der Plagioklasdiorit bzw. kalifeldspatarme „Granodiorit" ist von schwarz-weiß-scheckiger Farbe.

An seinem Mineralbestand beteiligen sich Plagioklas (50,4 Vol.-%), Mikroklin (1,6%), Quarz (20,7%), Biotit (21,6%), Hornblende (3,0%), Titanit (1,4%), Erz (0,2%), Apatit (0,9%), Zirkon, Pistazit, Orthit (0,2%).

Gewinnung und Verwendung: In dem um 1900 begonnenen und seit 1954/55 in größerem Umfang wieder in Betrieb genommenen Bruch werden Klein-, Groß- und Böschungspflaster, Leisten- und Randsteine hergestellt.

Vorkommen: Das beschriebene Vorkommen dieses intrusiven „Paragranodiorits" südsüdwestlich Unter-Polling besitzt nur eine geringe Ausdehnung.

Granit – Granodiorit (allgemein)

Die bedeutendsten Granitvorkommen finden sich im Fichtelgebirge, im Oberpfälzer Wald und im Bayerischen Wald.

Die Körnigkeit des Gefüges der Granite und damit ihre technische Eignung wird wesentlich vom Verhalten der an ihrer Gesteinszusammensetzung beteiligten Kalifeldspäte und deren Korngröße bestimmt. In den Randzonen der größeren Massive treten sie meist aus dem übrigen Korngefüge nicht sonderlich hervor und bleiben unter einem Zentimeter. Mit zunehmendem Abstand von den

Grenzflächen der Massive wachsen sie bis zu einem für das betreffende Massiv charakteristischen Maximaldurchmesser. Sie besitzen im Flossenbürger Massiv vier Zentimeter, im Falkenberger Massiv bis zu neun Zentimeter und im Kristallgranit des Regensburger Waldes bis über zehn Zentimeter Längsdurchmesser. Im Saldenburger Massiv erreichen sie drei bis fünf, maximal neun bis zehn Zentimeter Länge.

Auch die Gefügeregelung der Granite, die in der Anordnung dieser Großfeldspäte sichtbar wird, ist für die verschiedenen Massive charakteristisch und für die technische Eignung und Gewinnung der Granite von Bedeutung. Im Flossenbürger Massiv verläuft diese Feldspatfaser einheitlich in NO-Richtung. Im Falkenberger Massiv und in den Graniten des Neunburger Massivs finden sich Feldspatfasern in kuppelförmigen Gewölben.

Im Regensburger Wald streicht die Einregelung der Feldspat-Längsachsen Ost-West bis Südwest-Nordost.

Im Nordteil des Tittlinger Granits verläuft die Faser im Mittel Nordost, im Südteil wechselt ihre Streichrichtung zwischen Ostnordost, Ost und Ostsüdost, wobei hier eine Anpassung an die Quarzglimmerdiorite vorliegt. Im Eberhardsreuther Granit verläuft die Streckung Ost-West. Im Saldenburger Granit pendelt die Hauptregelung um Nordost. Eine Nebenregelung steht darauf senkrecht. Am Nordost- und Südwestrand dieses Massivs bleibt die Hauptregelung erhalten, an den Südost- und Nordwestseiten desselben liegen die Großfeldspäte mehr oder weniger kontaktparallel.

Im Hauzenberger Massiv streichen die Tafelflächen der Großfeldspäte häufig Ost-West, im Neustifter Granit streichen ihre Langachsen Nordost.

Primär wird die Färbung der Granite vor allem durch die Farbe der an ihrer Zusammensetzung beteiligten Feldspäte bedingt, die verschiedentlich weiß, gelblich oder bläulich, selten rötlich ist. Der Gesamtcharakter der Gesteinsfarbe wird ferner durch das Vorherrschen des dunklen Glimmers (Biotit) oder das Auftreten des hellen Glimmers (Muskovit) mitbestimmt. Schließlich ist auch die Beteiligung des Quarzes mit seinem Fettglanz an der Zusammensetzung des Gesteins für dessen Farbe bedeutsam. Diverse Muster können auch durch die Beteiligung von Metalloxyden hervorgerufen werden. Gelblich gefärbte Granitvarietäten können durch zirkulierende, eisenschüssige Wässer sekundär entstanden sein.

Farbveränderungen können aber auch die Folge von deuterischen (pneumatolytischen oder autometamorphen) Phasen – mit entsprechenden Mineralneubildungen – sowie die Folge von kontaktmetamorpher Beeinflussung sein. Schließlich sind auch Einschlüsse oder Einlagerungen von Nebengesteinsschollen – zum Beispiel in Form von dunklen „Fischen" sowie Übergemengteile als Reste assimilierter Nebengesteine oder Mineralaggregate – Beispiel Glimmernüsse (Biotitbutzen) – für das Aussehen des Gesteins von Bedeutung.

Anfangs wurde für die Herstellung der großen Wassergranden, Stufen, Fenster- und Türrahmen sowie von Platten für Beläge nur die frostfesten Wanderblöcke verwendet.

Natürliche Bänke in Stärken bis zu drei Meter Höhe sind die günstigste Voraussetzung für die Gewinnung von Rohmaterial in Form von Blöcken. Zu den typischen Eigenschaften des Granits gehört das Spalten der Blöcke nach drei verschiedenen „Gängen", deren Spaltrichtungen annähernd „winkelrecht" zueinander verlaufen und nach denen die großen Granitblöcke „schnüren" oder „aufmachen". Mittels Bohr- und Schießarbeit, Einsatz von Preßluftwerkzeugen und durch Abkeilen werden die großen Blöcke freigelegt. Erst nach dieser Art von Zerkleinerung kann die Verarbeitung größerer Blöcke nach Maß zu Mauersteinen, Treppenstufen, Fenster- und Türrahmen sowie Platten für Sockel- und Fassadenverkleidungen vorgenommen werden. Das Spalten nach „Gängen" (Stehgang, Stutz und Hebgang oder Riß, Kopf und Lager) ist auch die Voraussetzung für die Herstellung von Klein- und Großpflastersteinen.

Die Oberfläche des Granits kann auf vielerlei Art bearbeitet werden. An Bearbeitungsmöglichkeiten, welche in sich noch Abstufungen erfahren können, sind zu nennen: Gespalten, bossiert, gespitzt, gestockt, scharriert, sandgestrahlt, gesägt, gefräst, geschurt, geschliffen, poliert und geflammt. In der DIN 18332 von 1973/74 sind darüber hinaus noch folgende Bearbeitungsarten angeführt: Gekrönelt, geflächt, gekeilt, gezahnt, geriffelt, aufgeschlagen und abgerieben.

Von ihrer Körnigkeit her eignen sich vor allem die Granitvarietäten mit klein- und feinkörnigem Gefüge für die Schotterherstellung. Aber auch Granite mit mittel- bis grobkörnigem Gefüge werden wegen ihrer Härte und Zähigkeit als Gleisbettungs- und Straßenschotter, als Splitte und Edelsplitte für den Straßen- und Autobahnbau sowie als Zuschlagstoffe zur Herstellung von Ortsbeton- oder von Betonsteinerzeugnissen verwendet. In neuerer Zeit werden Granite wegen ihrer meist hellen Farbe, die von einem hellen Grau bis Graublau ins Gelbliche varriert, als Zuschlagstoffe zur Aufhellung von bituminösen Fahrbahndecken besonders geschätzt. Ebenso finden Splitte bei der Erstellung von Betonfahrbahndecken im Autobahnbau Verwendung.

Schotter und Splitte aus Granit sind allerdings gegen hohe Frachten sehr frachtempfindlich.

Granite des Fichtelgebirges

Im Fichtelgebirge nehmen die Granite mit 370 km^2 rund 40% der Gesamtfläche ein. Dabei sind die anstehenden Granite als Ausstülpungen von Körpern größeren Umfanges anzusehen. Die Abfolge der einzelnen Granite gliedert sich in zwei Gruppen, von denen sich die ältere an die Sudetische, die jüngere an die Asturische Tektogenese zeitlich anschließt.

Die ältere Granitgruppe umfaßt den Porphyrgranit des Weißenstadt-Marktleuthener Massivs, den schwachporphyrischen Reutgranit als dessen westliche Randfazies sowie den etwas jüngeren, fein- bis mittelkörnigen Selber Granit. Eine räumlich beschränkte Zwischenfazies zwischen dem Selber- und dem Weißenstädter Granit ist der mittelkörnige Holzmühlgranit. Auch die granodioritischen bis dioritischen Redwitzite sind eng mit der älteren

Granitgruppe verbunden. Sie bilden räumlich und zeitlich die Vorhut des Porphyrgranits. Reutgranit, Teile des Porphyrgranits westlich Marktleuthen sowie Teile des Holzmühl- und Selber Granits sind als Granodiorite abzugliedern.

Die jüngere Granitgruppe beginnt mit dem meist porphyrischen Randgranit. Dieser hat ein fein- bis kleinkörniges Grundgewebe. Es folgt der mittel- bis grobkörnige Kerngranit und als Abschluß der mittelkörnige Zinngranit. Eine parallele Sonderentwicklung ist im Kösseinemassiv gegeben, zu welcher auch ein Teilbereich im Kornbergmassiv in Beziehung zu setzen ist (Wolfsgartengranit). Der architektonisch besonders wirkungsvolle grobkörnige Kösseine-Kerngranit mit seinen blaugrauen Feldspäten (wie auch der Wolfsgartengranit) ist durch besonders große Anteile eines vorgranitischen Stoffbestandes gekennzeichnet.

Die Granitindustrie stellt im Fichtelgebirge nach wie vor einen bedeutenden Wirtschaftszweig dar. Der zunächst auch hier regellosen Granitgewinnung von Blockschutt und anstehenden Felsfreistellungen wurde durch die 1726 erlassene Verordnung des Bayreuther Markgrafen Georg Wilhelm Einhalt geboten. Der Abbau wurde den Bergämtern unterstellt. Diese verliehen Grubenfelder, die von Gewerkschaften ausgebeutet werden sollten. Jede Gewerkschaft umfaßte 128 Kuxe, die vererbt und verkauft werden konnten. Hierauf beruht auch heute noch die Struktur der Steinbruchunternehmen.

Weißenstadt und Kirchenlamitz sind zwei der wichtigsten Standorte der Granit verarbeitenden Industrie. Von Weißenstadt aus nahm um die Mitte des 19. Jahrhunderts überhaupt die maschinelle Granitbearbeitung durch Schleifen und Polieren ihren Ausgang. Da dieser Bearbeitungszweig der Gesteinsindustrie zunächst kaum Parallelen fand, gingen vom Fichtelgebirge und hier vor allem aus Weißenstadt geschliffene Granitdenkmale und sonstige Bauteile, wie Fassaden, Säulen, Brunnenanlagen, Teile von Kircheneinrichtungen usw. in alle Welt.

Weißenstadt-Marktleuthener Porphyrgranit (110)

Dieser Granit nimmt unter den Fichtelgebirgsgraniten die größte Fläche ein. Das Massiv reicht von der Reut bei Gefrees über Haslau und Bad Brambach im Osten hinaus. Es mißt in WSW-ONO-Erstreckung 45 km, seine größte Breite beträgt 10 km.

Gesteinsausbildung und Eigenschaften: Mittel- bis grobkörniger, serial- bis hiatalporphyrischer Biotit-(Muskovit-) Granit, d. h. biotitbetonter, porphyrischer Granit mit 4–8 cm, maximal 12 cm großen Kalifeldspat-(Mikroklinperthit-) Einsprenglingen in einer mittelkörnigen Grundmasse (Monzogranit).

Mineralbestand (Schwankungsbreite – Durchschnitt): Kalifeldspat (Mikroklin-Perthit) 28,2–38,0% (Vol.-%), Plagioklas 27,2–32,2%, Quarz 25,9–27,3%, Biotit (+Chlorit) 6,1–10,8%, Muskovit 0,9–2,4%, Akzessorien 0,4–0,6%, Apatit, Zirkon, Erz (Titaneisen), Titanit, Rutil, Epidot-Klinozoisit.

Gewinnung und Verwendung: Im Bereich des Weißenstadt-Marktleuthener Granitmassivs sind mehrere Steinbrüche angelegt worden, von denen heute jedoch keiner mehr in Betrieb ist, da das Gestein für die Steinbruchindustrie von geringem Interesse war. In seinem Verbreitungsbereich ist es in der Regel weitflächig verwittert. Gewinnungsstellen befanden sich am Bibersberg, östlich Marktleuthen, südwestlich und nordwestlich Höchstädt und an der Thusmühle, westlich Oberröslau (granodioritische Randfazies). Das Gestein vom Bibersberg wurde bis vor wenigen Jahren intensiv abgebaut und im rohen sowie polierten Zustand verwendet. Es eignete sich besonders für großflächige Wandverkleidungen. Der Porphyrische Granit vom Höfersberg, westlich Höchstädt, wurde roh behauen und poliert für Innen- und Außenarchitektur sowie für Grabmale verwendet.

Vorkommen: Das Massiv liegt größtenteils in der Rumpffläche der Selb-Wunsiedler Bucht, bzw. in der Einmuldung zwischen der Bärenhöhe im Norden und der Hohen Haide im Süden und steigt nur im Westen, in der Reut bei Gefrees, in den nördlichen Wall des Fichtelgebirges auf. Sein Vorkommensgebiet besitzt einschließlich der östlich der Landesgrenze gelegenen Massivteile einen Oberflächenanschnitt von 180 km^2.

Seine mittelkörnige Varietät (Holzmühl-Granit) fand als Sockelmauerwerk, für Rand- und Leistensteine, Treppenstufen, Brunnen, figürliche Arbeiten, Grabmale, Einfassungen, rohe und geschliffene Bodenplatten und polierte Verkleidungen Verwendung.

Reut-Granit (111)

Die Reut bei Gefrees, ein morphologischer Teilbereich im Nordwestwall des Fichtelgebirges gab den Namen für die hier auftretende Randfazies des Porphyrgranits.

Gesteinsausbildung und Eigenschaften: Klein- bis mittelkörniger, schwach serial- bis hiatalporphyrischer, blaugrauer, einsprenglingsarmer Biotitgranit mit zurücktretenden und kleiner werdenden, am Rand des Massivs ungleichmäßig bis nur vereinzelt eingestreuten Kalifeldspateinsprenglingen (Mikroklinen), mit teils 1–2 cm, teils 4 cm, max. 5 cm Größe und kleinerem Grundgewebskorn (Biotit-Monzogranit).

Unruhiges Gefügebild durch fleckenartig auftretende Feldspateinsprenglinge und cm-große dunkle, biotitreiche Hornfels-Einschlußschollen. Mineralbestand (Durchschnitt): Kalifeldspat (Mikroklin) 26,7%, Plagioklas 32,7% Quarz 28,7%, Biotit und Chlorit 9,0%, Muskovit 2,4%, Akzessorien 0,3% Apatit, Erz (Ilmenit, Magnetit), Zirkon, Turmalin, Titanit, Epidot, Fluorit, Zeolithe als Kluftminerale.

Der Reutgranit besitzt die seltene Eigenschaft, daß schon an geschliffenen Flächen Korn und Farbe vorteilhaft zum Ausdruck kommen. Er eignet sich für gestockte, geschliffene und polierte Arbeiten.

Technische Gesteinsdaten

Rohdichte	2,75 g/cm^3
Druckfestigkeit	249 N/mm^2
lieferbare Dimensionen	3 cbm
gegen Frost	beständig
gegen Aggressorien	beständig
Politur	unbeschränkt haltbar

Gewinnung und Verwendung: In diesem kleinkörnigen, gut geklüfteten, nur wenig von Verwitterung beeinflußten harten Granit von hoher Druckfestigkeit wurde eine Reihe von derzeit stilliegenden Steinbrüchen angelegt. Es wurden Pflaster-, Bord- und Randsteine geschlagen. In polierter Form diente er der Herstellung von Boden- und Wandverkleidungen, als Einfassungen und für Grabmale. Weitständige Klüfte gestatteten die Gewinnung von bis zu 18 m langen und über 2 m starken Rohblöcken.

Beispiel: Gewerbliche Berufschule Schwäbisch Gmünd.

Vorkommen: Das Vorkommensgebiet an der Reut bei Gefrees umfaßt eine Fläche von knapp 2 km^2.

Stand 2000

Selber- und Holzmühl-Granit (112)

Beide Granite nehmen in der östlichen Hälfte des Massivs von Weißenstadt-Marktleuthen im Bereich der Selber Hochfläche größere Areale vom Selber Wald bis zum Egerer Becken hin ein.

Gesteinsausbildung und Eigenschaften:
Selber Granit, grauer, fein- bis kleinkörniger, örtlich mittelkörniger (z. B. bei Schwarzenhammer) Granit mit gleichmäßigem Gefüge, z. T. biotitarm und muskovitreich mit aplitgranitischem Habitus (Monzogranit).

Mineralbestand (Durchschnitt): Kalifeldspat (Mikroklin) 24,1%, Plagioklas 30,9%, Quarz 32,2%, Biotit (+Chlorit) 3,03%, Muskovit 9,4%, Akzessorien 0,36%, Apatit, Zirkon, Xenotim, Erz (Ilmenit, Magnetit), Titanit, Anatas, Turmalin, Andalusit, Sillimanit, Calcit, Fluorit.

Holzmühl-Granit, grauer, mittelkörniger Biotit-Granit mit größerem Biotitgehalt (Monzogranit).

Mineralbestand (Durchschnitt): Kalifeldspat (Mikroklin) 27,8%, Plagioklas 32,5%, Quarz 29,9%, Biotit (+Chlorit) 6,6%, Muskovit 3,1%, Akzessorien 0,1% Apatit, Zirkon, Xenotim, Erz, Andalusit, Sillimanit.

Der Holzmühl-Granit ist randlich stark mit dem Weißenstadt-Marktleuthener Porphyrgranit durchmischt. Zwischen ihm und dem mittelkörnigen Selber-Granit gibt es Übergänge. Bei Längenau durchschneidet den Holzmühl- und Porphyrgranit ein Basaltgang, wodurch in den dunklen Glimmern eine Oxidation des Eisengehaltes erfolgte, was z. T. eine Rotfärbung der Granite hervorrief.

Technische Gesteinsdaten

	Selber-Granit Schwarzenhammer	Holzmühl-Granit Höfersberg, westlich Höchstädt, mittelkörnig
Rohdichte	2,61 g/cm^3	2,71 g/cm^3
Druckfestigkeit	189 N/mm^2	148 N/mm^2
Biegezugfestigkeit	15 N/mm^2	–
Abnutzung nach dem Schleifverfahren (Abriebfestigkeit)	10 cm^3/50 cm^2	–
Wasseraufnahme norm.	0,43 Gew.-%	–
lieferbare Dimensionen	–	3 cbm
gegen Frost	–	beständig
gegen Aggressorien	–	beständig
Politur	–	unbeschränkt haltbar

Gewinnung und Verwendung: Günstige Aufschlußverhältnisse fanden sich an der Eger und ihren Zubringern, wo sich die meisten Steinbrüche, zum Beispiel um Schwarzenhammer, befanden. Daneben wurde der Selber Granit noch westlich Höchstädt und unweit Häusellohe, südöstlich Selb, abgebaut. Die ehemaligen Brüche Häusellohe und Schwarzenhammer sind zum Teil verfallen. Bis in die 50er Jahre lieferten sie neben Pflaster- und Bordsteinen auch Gatterblöcke. Das etwas leblose Aussehen des Gesteins hat wohl bewirkt, daß es jetzt nicht mehr gewonnen wird. Dennoch besaß es wegen seiner Struktur hervorragende Eigenschaften für Bildhauerei (feingliederige Skulpturen) und für Schriftplatten (für kleinste Schrift geeignet). Die mittelkörnige Varietät vom Höfersberg, westlich Höchstädt (Typus Holzmühl-Granit) fand als Sockelmauerwerk, für Rand- und Leistensteine, Treppenstufen, figürliche Arbeiten, Grabmale, Einfassungen, rohe und geschliffene Bodenplatten und polierte Verkleidungen Verwendung. In kleineren Brüchen wurde diese Varietät auch beim Ort Holzmühl selbst, 3 km südöstlich Marktleuthen, sowie in dem etwas größeren Vorkommensgebiet nordöstlich Selb am Wartberg bei Längenau und in der Mühlbacher Waldung gewonnen.

Vorkommen: Die Vorkommensgebiete des Selber-Granits mit einem die östlich der Landesgrenze gelegenen Massivteile erfassenden Oberflächenanschnitt von 160 km^2 liegen im Bereich einer überwiegend flach reliefierten tertiären

Rumpffläche zwischen Selber Wald und Egerer Becken. Im Bereich der weitgehend aufschlußlosen Fläche herrscht tiefgründige Verwitterung. Günstigere Aufschlußbedingungen bestehen im Erosionssystem der Eger und ihrer Zubringer.

Der Oberflächenanschnitt des Holzmühl-Granits, dessen Vorkommensgebiet im westlichen Teilareal bei Holzmühl und am Wartberg bei Längenau, nordöstlich Selb, liegt, beträgt 5 km^2.

Fichtelgebirgs-Randgranit (113)

Die kleinkörnige Grundmasse dieses Granits und sein in Teilbereichen granitporphyrischer Habitus sprechen für seine rasche und oberflächennahe Kristallisation und stellen eine ausgesprochene Dach- und Randfazies dar.

Heute findet er sich in allen morphologisch herausragenden Einzel- bzw. Teilmassiven des Fichtelgebirges.

Gesteinsausbildung und Eigenschaften: Klein- bis mittelkörniger, z. T. hiatalporphyrischer, hellgrauer (Muskovit-) Biotit-Granit mit bereichsweise relativ einheitlichem Gesteinshabitus, jedoch regional stärker betonten Gefügeunterschieden. Granitporphyrische kleinkörnige, einsprenglingsarme Gesteine gehen in einsprenglingsreiche über. In einer kleinkörnigen Grundmasse aus Kalifeldspat, Plagioklas, Quarz, Biotit und Muskovit liegt einsprenglingsartig eine ältere Generation von Feldspat, Quarz und Biotit. Die Einsprenglingsfeldspäte (Mikroklin-Perthite) 1–3 cm, bis 5 cm große Quarzkörner und Biotite bilden z. T. butzenförmige Aggregate (Monzogranit).

Mineralbestand (Schwankungsbreite – Durchschnitt): Kalifeldspat (Mikroklin-Perthit) 29,0–36,4%, Plagioklas 16,1–24,5%, Quarz 35,9–38,3%, Biotit 3,9–7,9%, Muskovit 0,9–4,4%, Akzessorien 0,2–1,0%, Erz (Ilmenit, Magnetit), Apatit, Zirkon, Turmalin, Andalusit, Granat, Cordierit.

Gewinnung und Verwendung: Aufschlüsse des Randgranits sind vorwiegend durch Blockmaterial, seltener durch Felsfreistellungen gegeben.

Steinbrüche wurden, mit Ausnahme im mittel- und grobkörnigen Kösseine-Randgranit, in diesem Granittyp nicht angelegt. Schollenförmige Einschaltungen von Randgranit sind jedoch im Kerngranit vorhanden und werden in den auf diesen betriebenen Brüchen mitgewonnen. Bankartige Einlagerungen im Zinngranit und schlierige Übergänge in diesen sind vom Rudolfstein bekannt und in einem Steinbruch im Leupoldsdorfer Wald angetroffen worden.

Im Kösseinemassiv wurde im Steinbruch am Schauerberg mittelkörniger, einsprenglingsarmer, hellgrauer Randgranit abgebaut. Teilweise gelbliche Anwitterung der Plagioklase, größere Feldspateinsprenglinge, Nebengesteinseinschlüsse und Assimilationsprodukte sowie ungünstige Abbauverhältnisse durch engständige Klüftung und schräges Einfallen der Hauptklüftung schränkten die Verwendungsmöglichkeit etwas ein. Es wurden Werksteine erzeugt, Pflaster-, Bord- und Leistensteine geschlagen, mitunter wurde er poliert für Grabmale und Verkleidungen verwendet. Am Ostrand des Kösseinemassivs befindet sich der stillgelegte Steinbruch im mittelkörnigen, weißgrauen Zweiglimmergranit am Burgstein.

Einschlüsse eines dichten, etwas porphyrischen älteren Granits, von den Steinmetzen „Wilder" oder „Kullmetzer" („Culmitzer"*) genannt und dunkle, biotitreiche Butzen sind selten. Das Lager (2. Gang) fällt hier in Richtung 70° mit 20° ein. Die beste Teilbarkeitsfläche oder der 1. Gang streicht 72–80°, der 3. Gang in Richtung 160°. Die weitständige Klüftung gestattete die Gewinnung von Blöcken von 2 x 1 x 1 m bis maximal 3 x 2 x 1 m. Porphyrischer Randgranit wird auch im südlichsten der Steinbrüche im Leupoldsdorfer Wald mitgewonnen. Er wird hier ebenfalls zu Werksteinen verarbeitet. 300 m östlich vom Rudolfstein ist ein Steinbruch im Durchdringungsbereich von Rand- und Zinngranit angelegt worden. Der Granit aus dem Gregnitzgrund bei Nagel lieferte Material für den örtlichen Bedarf. Die Brüche waren bis zum Zweiten Weltkrieg in Betrieb.

V o r k o m m e n: Die Vorkommensgebiete des Fichtelgebirgs-Randgranits mit einem Gesamtoberflächenanschnitt von 53 km^2 decken sich mit den höchsten Erhebungen der Granitaufwölbungen am Ochsenkopf, im Südteil des Schneeberges, auf dem Rücken Platte-Görgelstein und in Teilen der Hohen Mätze. Auch auf der Kösseine, am Kleinen und Großen Kornberg, im Westen des Waldsteinmassivs sowie am Bergkopf tritt der Randgranit im Dachbereich auf.

Fichtelgebirgs-Kerngranit (114)

Diese mittel- bis grobkörnigen Granite sind, bedingt durch die unterschiedlichen Anschnitte der Einzelmassive, nur im Zentralstock zwischen Schneeberg, Ochsenkopf und dem Ort Fichtelberg angeschnitten. In den kleineren Granitmassiven hat der Kerngranit sein Dach aus Randgranit randlich durchdrungen und resorbiert. Im Kornberg- und Kösseinemassiv umgibt er die zentrale Randgranitkuppe in kranzartigen Aufbrüchen. Im Westteil des Waldsteinmassivs bildet er eine Wechsellagerung mit dem Randgranit. An der Nordflanke des Ochsenkopfes tritt er in Kontakt zum Zinngranit.

G e s t e i n s a u s b i l d u n g u n d E i g e n s c h a f t e n: Der Kerngranit stellt einen mittel- bis grobkörnigen, z. T. serialporphyrischen, bläulichgrauen oder schwach bis kräftig gelb gefärbten Muskovit-Biotit-Granit dar (Syenogranit mit Übergang zu Monzogranit). Die einzelnen Kerngranit-Varietäten besitzen ein gleichmäßig mittel- bis grobkörniges, im Ochsenkopfgebiet auch serialporphyrisches (Kalifelspäte bis zu 6 cm) Gefüge.

Grobkörnig ist der Kösseine-Kerngranit mit seinen bläulichgrauen, 1–3 cm großen Kalifelspäten, schwarzen Biotit (+Granat)-Butzen und dunklen Fremdeinschlüssen ausgebildet. Solche Millimeter-große, butzenartige Flecken von Biotit (+Granat) durchsetzen auch das Korngefüge des Wolfsgartengranits, eines Syeno-Monzogranits am Südwestrand des Großen Korn-Berg-Massivs.

*) Der Kulmizer (Goldfuss, A., 1817, S. 321): „Ursprünglich für körnigen Grünstein und andre Trapparten, welche Kulmen bilden" (cit. bei J. A. Schmeller, 1872–77, Sp. 1241).

Den Kerngranit des oberen Steinachtales (Hütten-Fichtelberg-Neubau), mit seinen durch Eisen-Imprägnationen rötlich gefärbten Kalifeldspäten, bezeichnete v. GÜMBEL als „Steinachgranit".

Die grobkörnigen Kerngranite besitzen ein relativ weitgespanntes Kluftnetz. Dies führt zur Bildung von Blöcken mit über 10 m ∅.

Mineralbestand (Schwankungsbreite-Durchschnitt): Kalifeldspat-Perthit (Mikroklin-Perthit 32,9–42,4%, Plagioklas 14,5–20,0%, Quarz 31,2–43,4%, Biotit (+Chlorit) 3,6–8,6%, Muskovit 2,1–4,8%, Lepidolith, Zinnwaldit. Akzessorien (0,2–1,3%), Apatit, Zirkon, Xenotim, Monazit, Erz. Pneumatolytische Bildungen Turmalin (Waldstein, Rudolfstein), Topas (Ochsenkopf-Nordflanke), Fluorit.

Übergemengteile als Rest assimilierter Nebengesteine Andalusit, Sillimanit, Granat, Cordierit, Spinell.

Am Waldstein (Streuspitz) sondert das Gestein in 1–5 m starken Lagen ab, deren Lagerflächen mit 15–25° in Richtung 150° einfallen. Die Richtungen der bevorzugten Spaltbarkeit streichen 55° NO (Gang) und fallen mit 77° NW ein, bzw. streichen 135° und stehen senkrecht.

Technische Gesteinsdaten

	Waldstein	Epprechtstein	Kösseine
Rodichte	2,61 g/cm^3	2,61 g/cm^3	2,65 g/cm^3
Druckfestigkeit	181 N/mm^2	202 N/mm^2	207 N/mm^2
Biegezugfestigkeit	12 N/mm^2	17 N/mm^2	19 N/mm^2
Schlagfestigkeit	57 cm kg/cm^3	–	–
Abnützung nach dem Schleifverfahren (Abriebfestigkeit)	4,3 cm^3/50 cm^2	5,0 cm^3/50 cm^2	4,7 cm^3/50cm^2
Wasseraufnahme	0,27 Gew.-%	0,25 Gew.-%	0,27 Gew.-%
lieferbare Dimensionen	4 x 2 x 1 m	4 x 2 x 1 m	bis 15 cbm
gegen Frost	beständig	beständig	beständig
gegen Aggressorien	beständig	beständig	beständig
Politur	unbeschränkt haltbar	unbeschränkt haltbar	unbeschränkt haltbar

Gewinnung und Verwendung: Der Kerngranit ist durch viele Steinbrüche erschlossen worden, deren Mehrzahl heute jedoch stillgelegt ist. Bevorzugt wurden die mittelkörnigen, gelblichgrauen Granite der kleinen Massive, wie des Kleinen und Großen Kornberges, des Waldsteins und des Epprechtsteins abgebaut. Besonderes Interesse gilt dem blaugrauen Kerngranit der Kösseine mit den Steinbrüchen am Süd-, Südost- und Osthang der Kösseine (Schurbach, Kleinwendern).

Der grobkörnige blaugraue „Kösseinegranit", auch „Luisenburggranit" wurde im Kerngranit unterhalb der Luisenburg gebrochen. Dieser Steinbruch ist ebenso

wie jener in der Schreinerwiese verfallen. Bereits vor der Jahrhundertwende erfolgte ein bedeutender Export in alle Welt und seine Verwendung für Monumentalbauten. Seither wurde er neben Roharbeiten auch für Grabmale, Beläge, Verkleidungen, Innendetails, Brunnen, Anlagen usw. verwendet.

Beispiele: First National City Bank, Los Angeles; Hauptbahnhof und Moses-Brunnen, Maxburg, München; Dresdner Bank, Frankfurt/a. Main; Montan-Union, Verwaltungsgebäude, Luxembourg; Justizgebäude Stuttgart. Weitere Gewinnungsstellen von Kerngranit befanden sich südlich Tröstau, unter anderem am Birkenrangen.

Von den vielen, in den Granitmassiven des Waldsteins (ein gutes Dutzend), des Kleinen und Großen Kornberges angelegten Steinbrüchen sind ebenfalls nur noch wenige in Betrieb (Handelsbezeichnungen Waldstein, Herkules, Reinersreuth, Reinersreuther „Edelgelb"). Alle bestehenden und aufgegebenen Abbaue liegen auch hier im mittel- bis grobkörnigen Kerngranit. Das zeigt, daß hier nur die gleichmäßig gleichkörnigen Granite, mit ihren zum Teil elfenbeinfarbenen Feldspäten, Interesse fanden. Wegen der Gewinnungsmöglichkeit großdimensionierter Blöcke war das Gestein besonders für Säulen, Monolithe, Brücken und andere technische Steinkörper geeignet. Seines warmen Farbtones wegen war es für Boden- und Wandverkleidungen sehr begehrt und wird auch heute noch für Grabmale verwendet. In jüngster Zeit ist aus Reinersreuther Granit die Schale für den Kugelbrunnen auf der Internationalen Gartenbauausstellung 1983 in München angefertigt worden.

Beispiele: Krankenhaus Vilsbiburg; Domvorplatz in Köln; Kreuzberg-Schule, Münchberg; U-Bahnhof Wittenberg Platz, West-Berlin.

Eine große Anzahl von Steinbrüchen, die jedoch heute bis auf wenige aufgelassen sind, entstand an den Flanken des Epprechtsteins. Unter den sieben hier gegenwärtig noch ständig oder zeitweise in Betrieb befindlichen Granitbrüchen ist – was den Umfang und Fortgang der Brucharbeiten anbelangt – der Schloßbrunnen-Bruch am Epprechtstein der größte. Hier erfolgt der Abbau mittels Raketenstrahl in Form von Fräsen und Schlitzen durch thermische Korrosion.

Beispiele: Hauptpostamt und Amtsgericht Köln (Bodenbeläge und Treppen).

Der contaminierte Wolfsgarten-Granit, benannt nach einer Waldabteilung am Südwesthang des Großen Kornberges, ein zart hellblau gefärbtes Gestein, wird ebenfalls nicht mehr gewonnen. Der Bruch an der Typlokalität ist aufgelassen, die Gewinnung wurde wegen starker Zerklüftung und Wasserzutritten eingestellt.

Vorkommen: Mit einem Gesamtoberflächenanschnitt von 52 km^2 am Schneeberg, Ochsenkopf, Waldstein, Kleinen und Großen Kornberg, Epprechtstein und auf der Kösseine.

Stand 2000

Zinngranit (115)

Der Zinngranit vom Schneeberg-Nordhang, Rudolfstein und Schloßberg bildet eine zwischen dem Randgranit und dem Sedimentdach liegende Kalotte von nicht allzugroßer Mächtigkeit. Ohne direkten Zusammenhang mit der vorgenannten

Verbreitung erscheint der Zinngranit zwischen dem Randgranit und dem Gneis der Wunsiedler Bucht unter den er am Seehügel eintaucht. Eine erzgebirgisch streichende Störung bildet seine Grenze gegen den Gneis nördlich der Platte, eine weitere Störung seine Grenze gegen den Kerngranit am Nußhardt.

Gesteinsausbildung und Eigenschaften: Der Zinngranit ist ein weißer, z. T. gelblich gefärbter, mittelkörniger, im allgemeinen einsprenglingsfreier Muskovit-Protolithionit-Granit, dessen Mineralkomponenten in den Korngrößen nicht wesentlich voneinander abweichen. Größere Kalifeldspäte entstammen einer jüngeren, pneumatolytischen Phase oder dem Randgranit.

Mineralbestand: Kalifeldspat 33,9% (Vol.-%) (Orthoklas Perthit, Mikroklin im südlichen Randbereich), Plagioklas 23,6%, Quarz 34,5%, Muskovit 2,9%, Biotit (+Chlorit +Protolithionit) 3,6%, Akzessorien 1,3%, Apatit, Zirkon, Xenotim, Monazit, Erze (Titaneisen, Magnetit), vorwiegend Topas 1%.

Neubildungen der Pneumatolyse sind pegmatitische Schlieren, Nester und Miarolen, verquarzte und verglimmerte Kalifeldspäte, die sich gelb bis orange verfärbten, während die Plagioklase grün bis oliv erscheinen. Diese erstmals am Bächlein Steinach bei Warmensteinach entdeckte Erscheinung wurde ursprünglich „Steinachisierung" genannt. Neubildungen sind ferner die Minerale und Erze Topas, Turmalin, Zinnwaldit, Uraninit, Kassiterit, Wolframit, Arsenkies, Kupferkies, Pyrit, Sphalerit, Fluorit, Epidot, ged. Gold. In Miarolen Bergkristall, Rauchquarz, rötlicher Orthoklas, Albit, Muskovit, Zinnwaldit, Turmalin, Topas, Kassiterit.

Technische Gesteinsdaten

	Fuchsbau	Zufurt
Rohdichte	2,66 g/cm^3	2,62 g/cm^3
Druckfestigkeit	186 N/mm^2	169–287 N/mm^2
Schlagzertrümmerungswert $SZ_{Sp\ 8/12}$	–	25,5 Gew.-%
Wasseraufnahme norm.	0,27 Gew.-%	0,52 Gew.-%
lieferbare Dimensionen	–	3 cbm
gegen Frost	–	beständig
gegen Aggressorien	–	beständig
Politur	–	haltbar

Gewinnung und Verwendung: Der Zinngranit wird in den Steinbrüchen im östlichen Leupoldsdorfer Wald (Seilerschlag) z. T. mit porphyrischem Randgranit und in der Flur „Zufurt" (Handelsname Zufurt) gewonnen und zu Werksteinen aller Art verarbeitet sowie als Rohblöcke und Wasserbausteine geliefert. Ferner werden Pflaster-, Leisten-, Rand- und Grenzsteine daraus geschlagen.

Gebrochenes Material soll künftig in dem 2 km entfernt gelegenen Betonwerk als Zuschlag für Betonrandsteine und Betonverbundpflaster verarbeitet werden.

In den sieben in der Waldabteilung Fuchsbau nebeneinander liegenden Gewinnungsstellen wird er derzeit nur hin und wieder und auch dann nur vorübergehend für den örtlichen Bedarf gebrochen. Das Material zeichnet sich durch seine zuverlässige Gleichartigkeit aus und wird zu Werksteinen verarbeitet. Allerdings wies es nur knappe Werte hinsichtlich Druck und Biegezugfestigkeit aus. Es ließ sich aber hervorragend spalten und war ideal für Bord- und Grenzsteine geeignet. Um die Jahrhundertwende gelangte der Fuchsbau-Granit gelegentlich in die Architektur, wobei der Handelsname Komet gebräuchlich war. Die älteren Steinbrüche nordöstlich vom Rudolfstein, aus denen Säulen für die Befreiungshalle bei Kelheim stammen, sind stillgelegt.

Vorkommen: Mit einem Gesamtoberflächenanschnitt von 15 km² am Schneeberg-Nordhang, Rudolfstein und Schloßberg, unter Überdeckung durch Fließerden und Blockschuttmassen bis unmittelbar südlich Schönlind sich erstreckend. Ferner am Seehügel und in kleineren Vorkommen bis zum Steinknock, 2 km westlich Tröstau.

Stand 2000

Steinwald-Granit (116)

Die Granite des Steinwaldes gehören genetisch eng zum Falkenberger Massiv und bilden dessen pneumatolytisch beeinflußte Dachregion.

Gesteinsausbildung und Eigenschaften: Der Übergang vom Falkenberger zum Steinwald-Granit ist kontinuierlich. Im Kristallgranit des Falkenberger Massivs (Raum Erbendorf) nehmen die Kalifeldspateinsprenglinge allmählich an Größe ab und mit ihnen sinkt auch der Biotitgehalt, während der Anteil an Muskovit gleichzeitig steigt. Gegen Norden, gegen Waldershof zu, erreichen die Kalifeldspateinsprenglinge nur mehr 3,5 cm Länge. Beide Glimmer sind hier am Mineralbestand des sogenannten Übergangsgranites in gleichem Maße beteiligt. Mit weiterer Größenabnahme der Kalifeldspateinsprenglinge und ihrem Anpassen an die Korngrößen der Grundmasse entwickelt sich der stark pneumatolytische, mittelkörnige Steinwaldgranit.

Mineralbestand: Kalifeldspat, Plagioklas, Quarz, Biotit, Muskovit, Akzessorien.

Durch Abnahme der Körngröße geht dieser in den kleinkörnigen, nahezu biotitfreien Steinwald-Randgranit über.

Technische Gesteinsdaten

	Pfaben	Steinwald
Rohdichte	–	2,61–2,63 g/cm³
Druckfestigkeit	155–176 N/mm²	151–167 N/mm²
Biegezugfestigkeit	12 N/mm²	12,4–14,2 N/mm²
Abnutzung nach dem Schleifverfahren (Abriebfestigkeit)	5,1 cm³/50 cm²	5,1 cm³/50 cm²
Wasseraufnahme	0,36 Vol.-%	0,35–0,37 Vol.-%

Gewinnung und Verwendung: Der helle, grobkörnige Granit von Pfaben, westlich Friedenfels, gelangte unter den Handelsnamen Steinwald und Cristal Grey in alle Welt vor allem aber in die USA. Er wurde für die Fertigung von Fassaden, Geschäftshäusern, Grabmalen verwendet.

Beispiele: Domplatz in Köln, Krankenhäuser in Chicago, Reesendammbrücke am Jungfernstieg – Hamburg.

Vorkommen: Flur „Fuchsrangen", nordöstlich von Pfaben/Steinwald. Schwierigkeiten bei der Bruchhaltung am Steilhang brachten den Betrieb vor wenigen Jahren zum Erliegen.

Falkenberger Granit (117)

Bei Falkenberg bildet der Granit ein geschlossenes Massiv, das mit dem des Steinwaldes im Norden in Verbindung tritt. Von dort überschreitet er die Erbendorfer Störungszone nach Süden und entsendet einen Intrusionsast nach Leuchtenberg, einen zweiten nach Flossenbürg. Zwischen beide Ausläufer schiebt sich von Floß nach Nordwesten bis Wildenau ein aus Gneisen und Amphiboliten bestehendes Gesteinspaket. Unter diesen Dachteilen stehen beide Ausläufer in Verbindung.

Gewinnung: Der gelbgraue Falkenberger Granit wurde früher östlich und nordöstlich von Hohenwald gebrochen.

Granite des Oberpfälzer- und Regensburger Waldes

Im nördlichen Oberpfälzer Wald reichen die Granite des erzgebirgisch-fichtelgebirgischen Raumes als Massive des Steinwalds und von Falkenberg mit zwei Teilmassiven, dem Leuchtenberger und dem Flossenbürger Massiv weit nach Süden und nehmen hier größere Flächen ein. Aber auch im übrigen Kristallin des Oberpfälzer Waldes finden sich dutzende von größeren und kleineren Granitstöcken, wie zum Beispiel die Massive von Oberviechtach und Neunburg vorm Wald und tausende von kleinen Granitgängen, die die Gneise in steilstehenden Gängen und in Flachgängen durchsetzen.

Im Naabgebirge haben die meist rötlich gefärbten Granite an quer zur Schlieferung der Gneise verlaufenden Fugen oder im Schieferungsverlauf selbst Platz genommen.

Im Regensburger Wald und in dem sich anschließenden Vorderen Bayerischen Wald wird die Landschaft hauptsächlich von den großen Kristallgranitmassiven geprägt.

Granite des Oberpfälzer Waldes

Leuchtenberger Granit (120)

Der Leuchtenberger Granit zeigt im Westen NW-SO-Begrenzung, die im Süden bis Kaimling reicht und dann nach Südwesten ausbiegt. Im Süden folgt die Massivgrenze von Lückenrieth über Steinach nach Unterlind dem Streichen der Gneise und Amphibolite. Zwischen Oberlind und Waldau ist der Ostrand mit Amphibolit- und Gneiszungen verfingert. Im Gebiet von Waldthurn ist die flexurartige Biegung der Massivgrenze gegen Nordosten durch den Verlauf der Störungszone Kösching-Plankenhammer vorgegeben.

Die Feldspatregelung des Granits streicht Nord bis Nordost (Steinfels bei Lämersdorf). Östlich Theisseil ist ein nordwestliches Streichen der Mikrokline bei einem um 45° und flacher geneigten Einfallen gegen SW gegeben.

Gesteinsausbildung und Eigenschaften: Der Haupttypus des grobkörnig-porphyrischen, bläulichweißen, weißfleckigen und schwarz gesprenkelten Gesteins besitzt eine grobkörnige Grundmasse, die von Kleinpoppenhof nach Süden gegen Leuchtenberg zu in eine mittelkörnige übergeht. In ihr liegen meist serialporphyrische Mikroklineinsprenglinge. Sie erreichen bei Theisseil 6 cm und bei Lämersdorf 3 cm Größe. Im Gebiet von Steinfrankenreuth wird die Grundmasse mit rundlichen Quarzen selbst porphyrisch. Die Mikrokline sind hier besonders groß und scharf begrenzt. Gegen Süden zu werden sie kleiner und verlieren im Gebiet des Lerau-Baches ihre Einsprenglingsnatur. Bei Leuchtenberg selbst ist eine gleichkörnige granitische Gesteinsausbildung (Dachfazies) erreicht.

Mineralbestand: Mikroklin 20%, Plagioklas 37,5%, Quarz 30%, Biotit 5%, Muskovit 7,5%, Akzessorien Apatit, Zirkon, Granat (bei Leuchtenberg und am Süd- sowie Ostrand des Massivs), Sillimanit, Cordierit.

Klüftung: Westlich Leuchtenberg (oberer und unterer Steinbruch) streichen die Q-Klüfte (Gang oder Kopf) NW-SO bis WNW-OSO, fallen 75–80° NO oder stehen saiger. Die senkrecht dazu orientierten Klüfte (Stutz oder Riß) streichen SW-NO bis WSW-ONO, fallen 75–85° SO bis SSO bzw. NW.

Technische Gesteinsdaten

	Roggenstein
Rohdichte	2,72 g/cm^3
Druckfestigkeit	191 N/mm^2
gegen Frost	beständig
gegen Aggressorien	beständig
Politur	unbeschränkt haltbar

Gewinnung und Verwendung: Der Leuchtenberger Granit wurde noch Ende der Siebziger Jahre in den Steinbrüchen südlich Theisseil, südöstlich Roggenstein-Lämersdorf (Steinfels) und westlich Leuchtenberg (oberer und unterer Bruch) gewonnen. Er ist zu vielen Roharbeiten von oft beachtlichem

Ausmaß, wie Brunnen, Denkmälern, Freitreppen, Bodenbelägen, aber auch in poliertem Zustand verwendet worden. Der Roggensteiner Granit besitzt eine lebhafte schwarz-weiße Strukturierung.

Beispiele: Römisch-Germanisches Museum in Köln, Stützmauern des Donauufers in Passau.

Eine besondere Varietät stellt der grobkörnige, hellgraue Liebensteiner Zweiglimmergranit dar. Er führt auch die Bezeichnung Eisgranit und kann als der hellste aller einheimischen Granite gelten. Seine Helligkeit wird durch einen besonders geringen Gehalt an dunklem Glimmer und grauem Quarz bewirkt. Außer Zentimeter großen weißen Feldspäten ist untergeordnet Muskovit am Mineralbestand beteiligt.

Von der Tagesoberfläche bis in 4–5 m Tiefe ist der Granit gelblich verfärbt.

Vor dem Ersten Weltkrieg erfuhr das in den Steinbrüchen am Dorfanger, am Schloßberg und am Weg zum Bahnhof von Liebenstein gewonnene Gesteinsmaterial eine weltweite Verwendung.

Beispiele: Parlament in Mexiko, Mausoleum von Catani Pascha in Kairo, Industrie- und Handelskammer Stuttgart, Gewerbliche Berufsschule Schwäbisch Gmünd.

Die Richtung seiner besten Teilbarkeit streicht NO, fällt mit 80° SO oder steht fast senkrecht. Eine weitere gute Spaltbarkeit ist das mit 15–30° gegen SO einfallende Lager. Die Richtung einer weniger guten Teilbarkeit mit glatten Q-Klüften verläuft in südöstlicher Richtung und fällt steil gegen NO (Kopfseite) ein. Die unregelmäßige Bankung steht in Abhängigkeit von der Geländeoberfläche.

V o r k o m m e n : Vgl. die Ausführungen in der Einleitung und im Abschnitt über Gewinnung und Verwendung.

Stand 2000

Flossenbürger und Bürgerwald-Granit (121)

Das Flossenbürger Granitmassiv ist rund 60 km^2 groß. Es erstreckt sich in NNW-SSO-Richtung und taucht gegen SSO unter die Moldanubischen Gneise. Hier setzt es sich unter Tage weiter fort, denn die Pegmatit-Aplit-Stöcke von Hagendorf, Pleystein und der Silbergrube sind als Aufbrüche des gleichen Magmenkörpers zu werten.

Der Innenbau des Flossenbürger Massivs entspricht nicht seinem Rahmen, denn die Feldspatregelung des Granits streicht im ganzen Massiv einheitlich nach NO. Das Massiv sondert infolge Entspannung und Entlastung von der Oberfläche aus zwiebelschalenförmig ab. So fallen zum Beispiel die am Saubühl 1–2 m dicken, schalenförmig absondernden Platten im oberen Teil mit 25° und flacher gegen S ein, während die 2–3 m starken Bänke im unteren Teil der Brüche nach Westen zu geneigt sind.

G e s t e i n s a u s b i l d u n g u n d E i g e n s c h a f t e n : Es handelt sich um einen mittel- bis grobkörnigen, bläulichweißen bis grauen, oder schwarz-weiß gesprenkelten, durch zirkulierende eisenschüssige Wässer zum Teil auch gelblich

gefärbten Zweiglimmergranit mit hohem Quarz- und Mikroklingehalt, der zu porphyrischer Ausbildung mit 5–25–40 mm großen Feldspäten in Form eines Kristallgranits neigt. Im Ostteil des Massivs läßt der Granit deutliche Erscheinungen eines Topasgreisen erkennen.

Mineralbestand: Kalifeldspat 30,0–30,5%, Plagioklas 23,3–23,5% (schwach sericitisiert), Quarz 31,8–35,4%, Biotit 1,5–4,0%, Muskovit 9,3–10,7%, Akzessorien Zirkon, Xenotim, Apatit, Magnetit, Uranpecherz, als Kluftminerale Quarz, Flußspat, Uranglimmer, Opal.

Nach der Tiefe zu nimmt im Massiv der Biotit allmählich zu, während sich der Quarzgehalt verringert.

Deuterisch bildet sich vielfach Schachbrettalbit und verdrängt einen Teil des Mikroklins. Quarz und dunkelvioletter Flußspat belegen bevorzugt die Q-Klüfte als geöffnete Klüfte.

Bevorzugte Spaltbarkeit: 70° NO (Gang oder Kopf), 160–165° NW–SO (Stutz oder Riß = Q-Klüfte), weitere Kluftrichtungen 15° NNO, 40° NO, 75° NO.

Von den Klüften der beiden zueinander senkrecht verlaufenden besten Spaltbarkeiten (Gang und Stutz) aus macht sich in 20 cm bis maximal 50 cm Entfernung eine gelbe Verfärbung des Gesteins bemerkbar. Bei Altenhammer, Floß und Flossenbürg (Hammerholz, Saubühl, Plattenberg, Wurmstein) bestehen die oberen 2–5 m des Gesteins aus vollkommen taubem und vergrustem Granit von rostbrauner Farbe.

Technische Gesteinsdaten

	Plattenberg	Wurmstein
Rohdichte	–	2,63 g/cm^3
Spezifisches Gewicht	–	2,66 g/cm^3
Druckfestigkeit	175 N/mm^2	162 N/mm^2
Biegezugfestigkeit	–	9 N/mm^2
Schlagfestigkeit	–	72 cm kg/cm^3
W.-Porosität (p)	–	1,3 Raum%
Wasseraufnahme bei normalem Luftdruck	–	0,4 Gew.-%
Abnutzung nach dem Schleifverfahren (Abriebfestigkeit)	–	6,1 cm^3/50 cm^2
Abnutzung durch Sandstrahl	–	5,7cm^3
gegen Frost	beständig	beständig
gegen Aggressorien	beständig	beständig
Politur	unbeschränkt haltbar	unbeschränkt haltbar

Der Granit von Floß zeigt nur bereichsweise eine Wasseraufnahme, die etwas über der üblichen Grenze von 0,5% liegt.

Gewinnung und Verwendung: Heute wird der Flossenbürger Granit unter anderem in den Steinbrüchen am Saubühl, am Plattenberg, am Wurmstein, südlich, östlich und nordöstlich, sowie im Hammerholz, westlich des Ortes, gewonnen.

Handelsname: Flossenbürger Granit blau und gelb-grau

Lieferbare Dimensionen: über 10 m^3

Weitständige Klüfte gestatten jedoch die Gewinnung großer Blöcke bis zu 10 x 3 x 2 m.

Das Gestein ist für großvolumige Steinmetzarbeiten, wie Brunnen, Gedächtnisstätten, Monumente, Freitreppen, Fassadenverkleidungen besonders geeignet. Aber auch für Bodenplatten in Schulen, Krankenhäusern, Fußgängerzonen, Bahnhöfen findet es Verwendung. Bei Brückenbauten und Staustufenanlagen (Würzburg) wurde es eingesetzt.

Vorkommen: Vgl. die Ausführungen in der Einleitung und im Abschnitt über Gewinnung und Verwendung.

Als Randfazies des Flossenbürger Granits tritt ein mittelkörniger, heller, an Kalifeldspat und Quarz reicher Biotitgranit auf, dessen Mikrokline und Plagioklase infolge tektonischer Beanspruchung Verbiegungen und Brüche erkennen lassen, entlang welcher es zu Entkalkungen kommt.

Der Bürgerwald- oder Bärnauer Granit entspricht in Mineralbestand und Gefüge dem Flossenbürger Granit. Im Stadtwald Bärnau wird Granitzersatz für den Wegebau gewonnen.

Naabgebirgs-Granit (122)

Die Granite des Naabgebirges sind symmetrologisch zur Gneistektonik orientiert, d. h. sie folgen entweder als gangförmige Intrusionen den Querfugen, indem ihr Streichen senkrecht zum Streichen der Gneise verläuft oder sie sind in der Streichrichtung der Schieferungsflächen der Gneise eingedrungen. Die Art der Lagerung kann jedoch bei einem und demselben Granitkörper wechseln.

Von C. W. v. GÜMBEL wurden sie auf Grund ihrer häufigen Rotfärbung als „Bunte Granite" bezeichnet. Von nachfolgenden Autoren wurde dann die Bezeichnung „Bunter Granit" durch die der „Roten Naabgebirgsgranite" ersetzt. Die Rotfärbung wird durch die Durchstäubung der Feldspäte mit Hämatit hervorgerufen, jedoch sind nicht alle Granite des Naabgebirges rot gefärbt.

Feinkörniger Granit

Der feinkörnige Granit tritt als diskordanter Ganggranit, unter anderem im Raum Nabburg, als Lager- oder Massivgranit auf. Es kommen mitunter bis mehrere 100 m mächtige Gänge und km^2-große Massive vor, in denen zum Teil Gneisschollen schwimmen (zum Beispiel östlich und nordöstlich von Trichenricht, südöstlich von Guteneck oder nordwestlich von Altendorf).

Bezüglich des Mineralbestandes, der Korngröße, der Farbe und des Gefüges können von Vorkommen zu Vorkommen, aber auch innerhalb eines Vorkommens Variationen auftreten.

Gesteinsausbildung und Eigenschaften: Der feinkörnige Granit des Naabgebirges ist vorwiegend rot gefärbt, daneben kommen aber auch weiße, graue und blaugraue Farbvarietäten vor. Die Korngröße unterliegt ebenfalls Schwankungen und nimmt in der Regel mit der Größe der Granitkörper zu. Die maximale Korngröße der Feldspäte liegt zwischen 3 und 4 mm und beträgt im Durchschnitt 1 mm. Biotit ist oft in cm-großen Butzen aggregiert und flächig, mitunter in einem Fließgefüge eingeregelt.

Mineralbestand: Kalifeldspat 30,4% (Vol.-%), Plagioklas 23,6%, Quarz 22,4% (bis 30% ansteigend), Muskovit 9,0%, Biotit 8,3%, Akzessorien 1,3% (Apatit, Zirkon, Andalusit, Sillimanit, pinitisierter Cordierit, Rutil, Chlorit, Erz).

Technische Gesteinsdaten

	Kulm bei Windpaißing	Kar-Berg bei Fraunberg	Tauchersdorf
Rohdichte	2,63–2,65 g/cm³	2,62–2,66 g/cm³	2,78 g/cm³
Druckfestigkeit	144–185 N/mm²	159–184 N/mm²	178 N/mm²
Abnutzung für 200 Umdrehungen (Mittel aus drei Messungen)	7,2–8,3 g	7,8–8,4 g	–
	Häusl-Berg bei Oberaich	Gleiritsch	Zeinried
Rohdichte	2,64–2,67 g/cm³	2,64–2,67 g/cm³	2,65–2,66 g/cm³
Druckfestigkeit	191–214 N/mm²	197–239 N/mm²	202–212 N/mm²
Abnutzung für 200 Umdrehungen (Mittel aus drei Messungen)	7,4–8,3 g	7,6–8,9 g	7,2–8,1 g

Gewinnung und Verwendung: Im Nabburger Raum sind zahlreiche Granitsteinbrüche angelegt worden, von denen zuletzt nur noch der Steinbruch am Häusl-Berg in Betrieb war. Früher wurden hier auch Pflastersteine geschlagen. Die Zähigkeit und schlechte Spaltbarkeit des Granits sowie die rückläufige Nachfrage brachte deren Erzeugung jedoch zum Erliegen. Bis zuletzt wurde der Granit ausschließlich zu qualitativ hochwertigem Schotter und Splitt verarbeitet. Die Steinbrüche am Südwestabfall des Oderberges und Nachtbühls lieferten besonders beim Bau der Bundesstraße 22 brauchbare Werksteine.

Vorkommen: Ein im Streichen in WSW-ONO-Richtung auf größte Länge aushaltender Granitkörper ist der von Nabburg sich gegen Nordosten hin erstreckende. Er ist, zwar mit Unterbrechungen, auch im Raum Schmidgaden und

Moosbach zu verfolgen. In ihm sind die Steinbrüche im Fuchsloch, am Kulm bei Windpaißing, am Kar-Berg bei Fraunberg, am Häusl-Berg bei Oberaich, bei Gleiritsch und bei Zeinried angelegt worden. Ebenfalls stilliegende Gewinnungsstellen finden sich südlich Fronhof und östlich Dürnersdorf.

Stand 2000

Mittel- bis grobkörniger Granit

Der mittel- bis grobkörnige, zumeist rot gefärbte Granit ist zum Teil flächenhaft verbreitet und streicbt im Raum Schmidgaden, Sonnenried und Fuhrn dem Pfahl parallel.

Gesteinsausbildung und Eigenschaften: Aussehen, Gefüge, Korngröße und Zusammensetzung des mittel- bis grobkörnigen Granits sind variabel.

Mineralbestand: Kalifeldspat 33,2%, Plagioklas 20,2%, Quarz 34,4%, Biotit 5,5%, Muskovit 2,9%, Akzessorien 1,1% (Zirkon, Apatit, Andalusit, Erz, Sillimanit).

Die Kalifeldspäte erreichen Kantenlängen bis zu 3 cm und lassen da, wo sie gehäuft auftreten, eine Fließregelung erkennen.

Oberviechtacher Granit (123)

Das Granitmassiv von Oberviechtach nimmt mit seinen Ausläufern eine Fläche von rund 17 km^2 ein. Nach Norden zu taucht es unter das Gneisdach unter und entsendet in dieses zahlreiche, mehr oder weniger mächtige Granitgänge. Südlich von Tressenried verläuft an seinem Ostrand ein etwa 500 m breiter, feinkörniger biotitärmerer Ganggranit in N-S-Richtung.

Gesteinsausbildung und Eigenschaften: Feinkörniger, blaugrauer, durch dunklen Glimmer gesprenkelter Biotitgranit, mit einer durchschnittlichen Korngröße zwischen 0,4 und 1,0 mm.

Biotit, Sillimanit und Cordierit bilden in ihm – mit Ausnahme des Ganggranits im Osten des Massivs – bis zu 2 cm große dunkle Butzen. An Fremdmaterial führt das Gestein zahlreiche Gneisschollen unterschiedlicher Größe, so unter anderem bei der Ortschaft Hof sowie zwischen dem Galgenberg und der Straße Oberviechtach-Lind.

Mineralbestand: Quarz 30,8%, Kalifeldspat (Orthoklas und Mikroklin) 28%, Plagioklas I (Oligoklas) + Plagioklas II (Albiklas bis Albit) 23,2% (Kf > Plag), Biotit 9,2%, Muskovit 7,0%, Apatit, Zirkon, Rutil, Titanit, Andalusit, Sillimanit, Cordieritpseudomorphosen, Hämatit, Magnetit, Pyrit, Chlorit (zusammen: 1,8%).

Die Klüftung ist sehr gut ausgebildet und bleibt über das ganze Massiv hinweg relativ konstant. Es treten zwei Kluftmaxima auf, nämlich ein erzgebirgisch streichendes, steil NW fallendes und ein herzynisch streichendes steil NO fallendes.

Gewinnung und Verwendung: Über das gesamte Oberviechtacher Massiv waren zahlreiche Gewinnungsstellen verstreut, die derzeit nahezu allesamt aufgelassen sind. Zu nennen sind hier die Steinbrüche bei Tressenried, östlich Teunz, südöstlich Obermurach und am Geber-Berg.

Insbesondere während des Baus der Bundesstraße 85 bemächtigte sich die Steinbruchindustrie der Granitvorkommen, gab aber alle Brüche mit der Zeit wieder auf. Dies liegt zum einen daran, daß man auf erhebliche Tiefen gehen muß, um frisches Material gewinnen zu können. So ist das Gestein besonders im östlichen und nördlichen Massivteil infolge von tiefreichender Verwitterung in stärkerem Maße zersetzt und bis in drei Meter Tiefe und mehr vergrust. Zum anderen gestattete das teilweise sehr engmaschige Kluftnetz der feinkörnigen Granite mit Kluftabständen von nur 5 bis 10 cm sowie die überdies auftretenden Scherflächen meist nur eine Schottergewinnung, wie dies bedarfsweise in dem gegen NW streichenden feinkörnigen biotitarmen Ganggranit von Denglarn, unter anderem südwestlich von Pertolzhofen, noch geschieht, dessen Mineralbestand mit Quarz 31,3%, Kalifeldspat 27,5%, Plagioklas 28,0%, Biotit 3,8%, Muskovit 6,5%, Apatit, Zirkon, Rutil, Titanit, Erze (u. a. Hämatit), Chlorit, Andalusit (zusammen: 2,9%) ein Kf: Plag-Verhältnis von 1:1 besitzt, während der Biotitgehalt gegenüber dem von Muskovit bedeutend erniedrigt ist.

Vorkommen: Vgl. die Ausführung in der Einleitung und im Abschnitt über Gewinnung und Verwendung.

Neunburger Granit (124)

Das Neunburger Massiv, das diskordant in die Gneisrahmengesteine intrudiert ist, nimmt eine Fläche von über 70 km^2 ein. Es hat zum Teil Gneisschollen in sich aufgenommen und gleicht dann einer agmatitähnlichen Eruptivbreccie (Höllmühle). Der Massivgranit stellt einen einzigen Intrusionskörper dar, der bereichsweise unterschiedlich ausgebildet ist. So tritt im Süden, am Thanner-Berg und um Seebarn porphyrischer, grobkörniger Kristallgranit mit bis zu 4 cm großen, idiomorphen Kalifeldspat-Einsprenglingen auf. Im Norden, am Haginger Berg und bei Prackendorf ist der Granit mittelkörnig und homogen, mit nur 1,5 cm großen Feldspäten. Zwischen diesen beiden Varietäten gibt es alle Übergänge, wobei der porphyrische Kristallgranit in den mittelkörnigen Granit übergeht. Hinzukommen Gefügedeformationen im Gefolge jüngerer tektonischer Beeinflussungen. Die flachliegenden Kalifeldspäte und die Lagerklüfte deuten darauf hin, daß es sich bei dem vorliegenden Massiv um eine flache Granitplatte handelt, die sich zwischen die Gneise eingeschoben hat.

Gesteinsausbildung und Eigenschaften: Porphyrischer, grobkörniger bis mittelkörniger, graublauer Zweiglimmergranit.

Mineralbestand: Kalifeldspat, Plagioklas (z. T. Flußspatkörner enthaltend), Quarz, Biotit, Muskovit, untergeordnet Andalusit, Cordierit, Zirkon, Apatit, Titaneisen, Rutil und Erze.

Das Gestein ist bei zum Teil fehlenden Querklüften gut geklüftet.

Gewinnung und Verwendung: Dem ausgedehnten Granitvorkommen nach könnte man schließen, daß die Steinbruchindustrie um Neunburg

vorm Wald eine rege Tätigkeit entfalte. In der Tat wurden früher zahlreiche Steinbrüche bei Neunburg, am Haginger Berg, auf der Platte bei Prackendorf, bei Penting, bei Eixendorf sowie bei Schwarzhofen betrieben. Daneben aber wurden im Staatsforst bei Dautersdorf („Moosschlag", „Vogelloch") auch freiliegende Granitblöcke zu Bau-, Werk-, Pflaster-, Grab- und Grenzsteinen verarbeitet.

1959 waren noch vier größere Gewinnungsstellen in Betrieb. Der größte Bruch liegt südlich von Prackendorf an der Platte und verarbeitet mittelkörnigen Granit zu Werksteinen und Schotter. In zwei weiteren Gewinnungsstellen am Haginger Berg bei Haag werden hauptsächlich Werksteine hergestellt. Drei noch 1977 betriebene Entnahmestellen befinden sich am Seebarner Berg, südöstlich Neunburg vorm Wald.

V o r k o m m e n : Vgl. die Ausführungen in der Einleitung und im Abschnitt über Gewinnung und Verwendung.

Stand 2000

Granite des Regensburger Waldes

Im Regensburger Wald und in dem sich anschließenden Vorderen Bayerischen Wald wird die Landschaft hauptsächlich von den großen Kristallgranitmassiven geprägt.

Kristallgranit I (125)

Neben den Perl- und Körnelgneisen ist der Kristallgranit I in bedeutendem Maße am Aufbau des Kristallins im Regensburger Wald beteiligt. Er bildet zwischen den erzgebirgisch streichenden Gneismulden als Sattelkerne folgende Züge. Den ca. 10 km breiten Steinberger Kristallgranitzug im Nordwesten, den im Süden ca. 6 km breiten, sich gegen Nordosten auf 2 bis 3 km verringernden Kristallgranitzug von Hauzenstein-Kürn, den 7 bis 8 km breiten Thiergartener Granitzug im Südosten.

Der Kristallgranit enthält Schollen von feinkörnigen Paragneisen, Körnel- und Bändergneisen und bildet selbst Schollen im Diorit. Die teilweise Einregelung der Längsachsen der Kalifeldspäte streicht Ost-West bis Südwest-Nordost, ihr Eintauchen ist flach nach W bis SW gerichtet.

G e s t e i n s a u s b i l d u n g u n d E i g e n s c h a f t e n : Der großporphyrische, im allgemeinen homogene, nur selten gebänderte Granit enthält zahlreiche, meist dicht gepackt liegende, gut parallel geregelte dicktafelige Orthoklas-Einsprenglinge, deren Länge durchschnittlich 6 bis 8 cm, maximal 14 cm beträgt. Die Grundmasse ist reich an Biotit und besitzt infolge postkristalliner Beanspruchung einen flaserigen Habitus. Auch die Orthoklase zeigen Spuren der Durchbewegung in Form von Striemungen.

Mineralbestand: Kalifeldspat 34,0%, Plagioklas 28,4%, Quarz 26,9%, Biotit 8,5%, Muskovit 0,65%, Cordierit 0,6%, Apatit 0,5%, Zirkon 0,1%, Erz 0,1% (Titanit, Calcit, Chlorit 0,2%).

Technische Gesteinsdaten

	Mischgranit in Kristallgranit I Steinberg
Rohdichte	2,64–2,69 g/cm^3
Druckfestigkeit	159–269 N/mm^2
Abnutzung für 200 Umdrehungen (Mittel aus drei Messungen)	8,5–11,1 g

Gewinnung und Verwendung: Der Kristallgranit I, der wegen seiner Grobkörnigkeit im allgemeinen technisch schlecht zu verwenden ist, ist vor allem der physikalischen Verwitterung gegenüber sehr wenig widerstandsfähig. Die großen, häufig parallel geregelten Kalifeldspäte reißen beim Abbau durch Bohren und Sprengen. Von den so entstandenen Rissen aus bricht der Feldspat auseinander und das Gestein zerfällt zu Grus. Es eignet sich daher meist nur zur Wegebeschotterung und zum Bau von Wirtschaftswegen. Die zahlreichen kleineren Gewinnungsstellen um Hauzenstein, Kürn und bei St. Martin liegen daher meist still.

Kompakteres Material mit geringerer Korngröße und richtungslos-massiger Struktur findet sich im Steinbruch westlich Kirchberg, nördlich Grafenwinn und am Jugendberg. In zwei großen Steinbrüchen südöstlich Unterraning und am Perlbach, südlich Mackenschleif, bei Regenpeilstein, wird es zu Schotter verarbeitet. Der Schlagzertrümmerungswert von Splitt dieses Gesteins $SZ_{Sp\ 8/12}$ liegt bei 20 Gew.-%.

Im Gemeindebereich südlich Walderbach und nördlich von Stockhof wird Material, das dort als „Pickelkiefer"*) bezeichnet wird, als Auffüllgut und beim Unterbau von Straßen verwendet.

Der Gewinnung von Schotter und Baumaterial dient ferner ein Bruch nördlich Waffenschmiede (Gemeinde Wiesent).

Vorkommen: Vgl. die Ausführungen in der Einleitung und im Abschnitt über Gewinnung und Verwendung.

Kristallgranit II (126)

Der Kristallgranit II hält sich in seinem Auftreten weitgehend an die Dioritgänge und an deren Grenze gegen das Nebengestein.

Die Regelung seiner Orthoklaseinsprenglinge streicht gegen NNW. Er ist in einer grobkörnigeren an Orthoklaseinsprenglingen reicheren Massivfazies und in einer feinkörnigeren Rand- und Gangfazies entwickelt. In dem grobkörnigen Kristallgranit II finden sich Einschlüsse von Diorit und von feinkörnigerem Kristallgranit II, so bei Gibacht und Heilinghausen.

*) „Kiefer" bedeutet Kies, Sand (SCHMELLER, J. A.: Bayerisches Wörterbuch, Bd. 1, Sp. 1229, München 1872–77).

Gesteinsausbildung und Eigenschaften: Im grobkörnigen Kristallgranit II sind die Orthoklaseinsprenglinge dünntafelig bis dünnleistenförmig locker gestreut und schlecht parallel geregelt, die Grundmasse ist ärmer an Biotit mit Tropfen- und Bipyramidenquarzen.

Der fein- bis mittelkörnige Kristallgranit II ist recht verwitterungsbeständig. In seiner feinkörnigen Grundmasse erkennt man bis 0,5 cm große Tropfen- und Bipyramidenquarze, einige größere Biotittafeln, einige Plagioklaseinsprenglinge sowie ca. 3–6 cm lange Orthoklaseinsprenglinge.

Mineralbestand: Kalifeldspat 45,3%, Plagioklas 19,3%, Quarz 25,8%, Biotit 8,8%, Muskovit 0,3%, Akzessorien 0,3%.

Roßbach-Gumpinger Granit (127)

Dieser bildet Stöcke und mächtigere Gänge am Frauenberg, südwestlich Roßbach, nordöstlich Gumping und am nördlichen Regenufer zwischen Treidling und Muckenbach sowie nordöstlich Asing.

Gesteinsausbildung und Eigenschaften: Das mittelkörnige, teils hellblaugraue, teils rosafarben getönte Gestein besitzt spärlich eingestreute, 3 bis 4 cm lange Orthoklaseinsprenglinge. Seine Biotitfaser streicht 45° NO und steht senkrecht. Die Hauptklüfte streichen 125–130° / 90° (Q-Klüfte), 80–85° NO, 35–45° NO/90°, 80–85° NW, 170°/40° O. Die Lagerklüfte streichen 170° und fallen 35° O.

Mineralbestand: Kalifeldspat 36,6%, Plagioklas 21,0%, Quarz 33,3%, Biotit 6,3%, Pinit 1,9%, Muskovit 0,6%, Akzessorien 0,3%.

Die fein- bis mittelkörnigen, schwach porphyrischen Granite und der mehr richtungslos-massige Kristallgranit II besitzen günstige technische Eigenschaften. Einschlüsse von Körnelgneisen sind meist scharf begrenzt und können daher beim Abbau leicht ausgehalten werden. Schlierige und gangförmige Durchtrümerungen sind selten. Es herrscht eine gleichmäßig gute Granitqualität vor.

Gewinnung und Verwendung: Die Schwerpunkte der Gewinnung liegen östlich und nordöstlich von Gumping, zwischen Treidling und Muckenbach sowie östlich von Treidling. Der Granit findet Verwendung zur Erzeugung von Hartgesteinsedelsplitten, Sanden, Mineralgemischen, Schottertragschichten, Schottern für den Bahn- und Straßenbau sowie von Wasserbausteinen.

Stand 2000

Granite des Bayerischen Waldes

Auch im Bayerischen Wald greifen Diorit, Granodiorit und Granit in Form von Gängen und Stöcken durch den gefalteten Bau der Gneise. Im Gebiet südlich der Pfahlzone, im Passauer Wald und im Dreiburgenland sind das 57 km^2 große Hauzenberger Granitmassiv und das 204 km^2 große Intrusivgebiet von Fürstenstein (Saldenburger Massiv) die bedeutendsten.

Gegen Nordwesten folgen im Vorderen Wald das Kaußinger und das Mettener Granitmassiv, das bei Schwarzach, nordwestlich der Tertiärbucht von Niederwinkling, seine Forsetzung findet.

Im Inneren Wald, gegen die Pfahlzone hin, setzen die Granitmassive von Prackenbach, von Patersdorf und Prünst auf. Die Granite, welche die Pfahlzone selbst zu ihrem Aufstieg benutzten, wurden in die hier von stattengegangenen Bewegungsabläufe einbezogen und zu Flasergraniten umgeformt.

Im Gebiet nördlich des Pfahls liegen gegen die Landesgrenze hin, im Osten die großflächigen in sich jedoch differenzierten Kristallgranitmassive des Dreisessels und des Lusens. Die Pfahlzone selbst begleiten im Norden die kleineren Granitmassive von Hinterschmiding-Hohenau, von Rinchnach und von Teisnach. Gegen Nordwesten folgen die Granitmassive von Viechtach, Arnbruck, Miltach und vom Blauberg. Gegen die Landesgrenze im Norden zu setzen die N-S-verlaufenden gangförmigen Granite von Zwiesel auf.

Im Neuburger Wald, südlich der Donau, ist der über den Inn herübergreifende Neuhaus-Schärdinger Granit und im Vils- und Wolfachtal der Granit von Neustift in die Gneise eingedrungen.

Blauberg-Granit (130)

Das 0,62 km^2 große Granitmassiv des Blauberges liegt 6 km östlich der Stadt Cham. Es besitzt in diesem, an Granit an sich relativ armen Gebiet, eine überregionale wirtschaftliche Bedeutung.

Gesteinsausbildung und Eigenschaften: Mittelkörniger, blaugrauer bis weißgrauer Zweiglimmergranit mit feinkörniger „Grundmasse" und kleinen hellen Feldspateinsprenglingen (10 mm ∅ und größer); daneben gelblicher Zweiglimmergranit mit Ausscheidungen von Eisenoxidhydrat auf Korngrenzen und Spaltrissen. Untergeordnet Einschlüsse von bis 8 mm ∅ großen Biotitbutzen und Nebengesteinstrümern von Gneis.

Mineralbestand: Orthoklas, Mikroklin, Plagioklas (Oligoklas bis Oligoklas-Andesin), Quarz, Biotit, Muskovit, Erz, Apatit, Zirkon.

Klüftung: Die Hauptklüftung streicht 105–110° OSO und fällt mit 80–85° S. Sie zerlegt den Granit in 2–3 m dicke Platten, die senkrecht auf der Abbaurichtung stehen. Örtlich erscheinen auch dünne Platten, sogenannte „Faulwände". Weitere Klüfte streichen 145–170° und fallen mit 20–80° SW, untergeordnet NO.

Der Gang (S-Fläche) streicht 60° NO und fällt mit 50° gegen SO.

Technische Gesteinsdaten

Rohdichte	2,67 g/cm^3
Druckfestigkeit	176–255 N/mm^2
Wasseraufnahme	0,8 Vol.-%

Schlagzertrümmerungswert von Splitt ($SZ_{Sp\ 8/12}$)	22,8 Gew.-%
Abnutzung nach Gewicht für 200 Umdrehungen (Mittel aus drei Messungen)	9,9–14,2 g (max. 17,9 g)

Gewinnung und Verwendung: Der Abbau besteht seit dem Jahr 1888. Verarbeitung zu Straßenbaustoffen (Schotter, Splitte) und Wasserbausteinen.

Werksteine: Die Haupteingangstreppe des Bahnhofs in Regensburg wurde aus Blauberg-Granit angefertigt.

Vorkommen: Vgl. die Ausführungen in der Einleitung. Fünf weitere, heute stilliegende Gewinnungsstellen liegen im Granit von Katzberg, nordwestlich von Cham.

Granit der Pfahlzone (131)

Granit begleitet zwischen Schorndorf und Innernzell in einem Zug von 45 km Länge und 5 bis 6 km Breite die Pfahlzone im Süden. Am Aufbau dieses Zuges sind unter anderem fein- bis mittelkörniger Granit, blastokataklastisch überprägter mittelkörniger Granit und großporphyrischer Kristallgranit I beteiligt. Die Intrusivmassen werden von Körnel- und Perlgneis sowie von Paragranodiorit, einem granodioritischen Anatexit, im Süden begleitet und ummantelt. In dem Zug granitischer Gesteine ist ein unterbrochener Zug von Quarzglimmerdioritlinsen zwischen Rattenberg, Altwies, Oberstein, Friedenstadl, Unterlaubberg, Haiderhof, Masselsried, Prünst und Kirchberg eingeschaltet.

Mittelkörniger Granit

Eine bis zu 3,5 km breite Zone mittelkörnigen Granits verläuft zwischen Altrandsberg, Prackenbach, Patersdorf, Prünst, Zachendorf, Bischofsmais parallel zum Pfahl. Apophysenartig oder gangförmig dringt der Granit in die begleitende breite Zone aus Paragranodiorit, Kristallgranit und Körnelgneis ein.

Das Vorkommen des mittelkörnigen Granits auf der Käsplatte bezeichnete C. W. v. GÜMBEL (1868) als „Stockgranit".

Gesteinsausbildung und Eigenschaften: Heller, fast weißer, fein- bis mittelkörniger, gut gebankter und geklüfteter Zweiglimmergranit, reich an bis 5 mm großen, idiomorphen Feldspäten.

Mineralbestand: Kalifeldspat, Plagioklas, Quarz, Muskovit, Biotit, Akzessorien Andalusit, Apatit, Zirkon, Erz, Flußspat, Granat. Mit Annäherung an die Bewegungszone des Pfahls geht sein granitisch-körniges Gefüge in eine parallelgeregelte, flaserige Textur über, wobei die Feldspäte durch Deformation getrübt sind. Bei Prackenbach ist er mylonitisch ausgebildet. Seine nahezu weiße Farbe wechselt hier in einen schmutzigbräunlichen Farbton.

Gewinnung und Verwendung: Fein- bis mittelkörniger Granit wird bei Prackenbach, südwestlich Igleinsberg, gewonnen und zu Werk- und Wasserbausteinen verarbeitet. Blastokataklastisch überprägter, mittelkörniger, dunkelgrau gefärbter Granit ist im Paragranodiorit südöstlich von Siegersdorf eingeschaltet. Er führt ebenfalls größere Kalifeldspateinsprenglinge und ist geflasert. Mineralbestand: Kalifeldspat 30,2%, Plagioklas 28,4%, Quarz 22,1%, Biotit 9,7%, Muskovit 7,9%, Akzessorien Apatit 0,34%, Sillimanit 0,88%, Zirkon 0,12%, Erz 0,36%. Die Gewinnung dieses Gesteins 800 m südöstlich Siegersdorf wurde eingestellt. Im Granitwerk Obermaulendorf werden Wasserbausteine, Grenzsteine, Rand- und Leistensteine sowie Pflastersteine hergestellt.

Vorkommen: Vgl. die Ausführungen in der Einleitung und im Abschnitt Gewinnung und Verwendung.

Patersdorf-Prünster Granit (132)

Das Granitmassiv von Patersdorf-Prünst ist in einen größeren Gesteinskomplex von älterem, deformierten Quarz-Glimmer-Diorit diskordant eingedrungen, der das Massiv im Südosten und Südwesten umgibt (zum Beispiel Wildtier) und größere Dioritlinsen in demselben bildet. Im Quarz-Glimmer-Diorit selbst sind Schollen von Paragranodiorit und Cordierit führendem Perlgneis eingeformt. Vom Quarz-Glimmer-Diorit zum Granit bestehen teilweise fließende Übergänge.

Gesteinsausbildung und Eigenschaften: Fein- bis mittelkörniger, hellgrauer bis bläulichgrauer Biotitgranit mit meist gleichmäßigem Korngefüge (mittlere Korngröße 1,0–1,5 mm) und seltenen, bis etwa 1 cm großen Feldspateinsprenglingen sowie Einschlüssen von Biotitbutzen und Nebengesteinsschollen.

Mineralbestand: Mikroklin 24,6%, Orthoklas 2,9%, Plagioklas 34,0%, Quarz 26,8%, Biotit 8,6%, Chlorit 1,7%. Akzessorien Apatit, Calcit (sekundär), Hämatit und Epidot als Neubildung auf Haarrissen.

Klüftung: 160–165°/80–90° W, 85°/85–87° N, Biotitfaser (Gang) 75°/ Fallen steil N.

Technische Gesteinsdaten

	Wildtier	Prünst
Rohdichte	2,66–2,68 g/cm^3	2,56–2,67 g/cm^3
Druckfestigkeit	217–258 N/mm^2	174–231 N/mm^2
Abnutzung f. 200 Umdrehungen (Mittel aus drei Messungen)	7,0 g	–
Frostbeständigkeit (10 Frost- und Tauwechsel) Absplitterung	–	0,2 Gew.-%
Schlagfestigkeit SZ_{Sp}	–	13,6 (0,043) cm kg/cm^3

Gewinnung und Verwendung: Bei Frankenried, Linden, Grünbach und Schönberg wird der Patersdorfer Granit am Ried- und Schön-Berg gegenwärtig in drei größeren Steinbrüchen gewonnen, während vier größere Abbaue zur Zeit gestundet sind. Es werden hier Straßenbaustoffe, Bordsteine, Pflaster- und Grenzsteine hergestellt.

In den bei Wildtier und Prünst (Hauptbruch östlich der Bahnlinie Ruhmannsfelden-Viechtach) angesiedelten Schotterwerken werden Straßen- und Bahnschotter, Mineralbeton, Edelsplitte und Edelbrechsande erzeugt. Im Marchlbruch von Prünst, westlich der Bahnlinie, werden auch Bordsteine, Pflaster- und Grenzsteine geschlagen und Bruchsteine sowie Gesteinsmaterial für das Schotterwerk gewonnen. Beim Bau der Bundesstraße 85 lieferten die Brüche auch Verkleidungssteine für den Brückenbau.

Von den zahlreichen Gewinnungsstellen zwischen Zachenberg und Bischofsmais liegen derzeit die meisten still. Nur in dem Steinbruch auf der Kuckuckshöhe bei Muschenried werden Straßen-, Wasser- und Wegebaustoffe hergestellt. Der blaugraue, fein- bis mittelkörnige Granit von Muschenried und Zachenberg eignete sich besonders zu Profilarbeiten sowie zur Herstellung von Pflaster- und Hausteinen. Die weitständige Klüftung gestattete die Gewinnung von Werksteinen bis zu 15 m Länge.

Technische Gesteinsdaten

	Zachenberg
Rohdichte	2,69 g/cm^3
Druckfestigkeit	137 N/mm^2
Abnutzung	0,15 cm^3/cm^2

Stand 2000

Rinchnacher Granit (133)

Das nördlich des Pfahls gelegene Granitmassiv von Rinchnach besteht in seinem dem Pfahl zugewandten zentralen Teil aus feinkörnigem bis mittelkörnigem Granit in dessen Randzone ein mittelkörniger Granit mit Tendenz zu Granodiorit auftritt. Im Norden wird es von Flasergranit mit vorwiegend deutlich geregeltem Korngefüge begleitet, der auch mit Annäherung an die eigentlichen Pfahlschiefer im Süden auftritt und hier als schmale, Nordwest-Südost-verlaufende Lamelle das Massiv begleitet.

Gewinnung und Verwendung: Im Rinchnacher Massiv sind an ein Dutzend Gewinnungsstellen – unter anderem am Probstberg („Huberbruch", „Hofmannbruch") – angelegt worden, von denen heute die meisten stilliegen. Der Granit ist hier hauptsächlich zu Pflastersteinen geschlagen worden, fand aber auch bei Brückenbauten im Bereich der Bundesstraße 85 Verwendung.

Heute steht vorwiegend der mittelkörnige Granit in den Steinbrüchen der Gemarkung Birkenwald und am Unter-Berg, östlich des Ortsteils Grub der Gemeinde Rinchnach, und nordwestlich des Ortsteils Schlag der Gemeinde Kirchdorf im Wald in Abbau. Es werden Straßenbaustoffe, insbesondere Bord- und Pflastersteine geschlagen sowie Wasserbaustoffe hergestellt und Werksteine gewonnen.

Mettener Granit (134)

Das Mettener Granitmassiv bildet einen mehr oder minder ovalen Körper. Im Westen findet es bei Schwarzach, nordwestlich der Tertiärbucht von Niederwinkling und ihrer Ausläufer, seine Fortsetzung. Im Osten schneidet das Massiv diskordant die Perlgneise ab. Nach Südwesten zu taucht es unter die Donauniederung ab. Seine Intrusivgrenze ist dort nirgends erschlossen. Auch in seinem zentralen Teil wird es vielerorts von Tertiär und insbesondere von mächtigen Lößdecken verhüllt.

Gesteinsausbildung und Eigenschaften: Der feinstkörnige Luhhofer, der feinkörnige Edenstettener und der mittelkörnige Mettener Granit bauen die randlichen Teile des Massivs auf, während mittel- und grobkörnige Granite den zentralen Teil des Massivs bilden. Hierbei sind die verschiedenen Granittypen im großen und ganzen etwa konzentrisch verteilt. Es handelt sich bei allen Gesteinen vorwiegend um Zweiglimmergranite.

Die Faziestypen unterscheiden sich im wesentlichen hinsichtlich der Korngröße ihrer Gemengteile. Dagegen ist ihr Mineralbestand mit Quarz, Plagioklas, Kalifeldspat, Muskovit, Biotit im großen und ganzen einheitlich. Hinsichtlich der Korngrößen gilt im allgemeinen, daß die feinkörnigen Typen in den peripheren Teilen und die gröberen mehr im Zentrum des Massivs auftreten, doch gibt es auch Ausnahmen.

Die feinstkörnige Luhhofer Fazies, mit größten Feldspäten zwischen 1 und 2 mm, tritt im Norden des Massivs auf, wo sie Schollen des Edenstettener Granits enthält. Nach Südosten zu nimmt die Korngröße der Luhhofer Fazies allmählich zu. Im Südostteil des Massivs durchschwärmt die Luhhofer Fazies auf Gängen die Mettener Fazies, die etwas kleinkörniger als normal ist. Die kleinkörnige Edenstettener Fazies mit größten Feldspäten zwischen 3 und 6 mm ist auf den Norden und Nordosten des Massivs beschränkt. Ihre Grenze gegen die Mettener Fazies ist sehr scharf. Die mittelkörnige Mettener Fazies mit größten Feldspäten zwischen 7 und 14 mm findet sich im zentraleren Nord- sowie im Ostteil des Massivs. Im Raum nordöstlich Offenberg liegt innerhalb des grobkörnigen Zentralgranits mit Feldspäten und Glimmern von 7–14 mm ein kleiner Körper, der im Norden aus mittelkörnigem Zentralgranit mit Feldspäten und Glimmern um 6 mm im Süden aus einer Durchmischung beider Gesteinstypen besteht.

Technische Gesteinsdaten

	Metten	Egg
Rohdichte	2,55–2,70 g/cm³	2,59–2,64 g/cm³
Druckfestigkeit	190–200 N/mm² 164–181 N/mm² 175 N/mm² (Mittel)	149–172 N/mm²
Abnutzung nach Gewicht a) für 110 Umdrehungen b) für 200 Umdrehungen Mittel aus drei Messungen	a) 15,2 g	b) 12,5 g
Wasseraufnahme	–	1,00–1,28 Vol.-%
Frostbeständigkeit	–	frostbeständig
Em für Biegung	20593 N/mm² bei 2,4 bar 13435 N/mm² bei 92 bar	– –
Em für Zug	23241 N/mm² bei 2,7 bar 5785 N/mm² bei 37 bar	– –
Em für Druck	28341 N/mm² bei 2,9 bar 26183 N/mm² bei 495 bar	– –

Gewinnung und Verwendung: Die Steinbrüche, die in der typischen Mettener Fazies des Massivgranits – mit größeren, aus dem Gefüge hervortretenden Feldspäten – in der Umgebung der Schleifmühle angelegt wurden, liegen zur Zeit ausnahmslos still.

Die beste Teilbarkeit des Granits (sein „Gang") verläuft hier etwa Ost-West und steht steil. Der zweitbeste „Gang" liegt horizontal. Die schlechte Teilbarkeit („Stutz") streicht Nord-Süd. Wegen seiner geringen Klüftung konnte das Gestein hier in großen Blöcken gewonnen werden.

Die heute ebenfalls stilliegenden Brüche von der Laufmühle sind im grobkörnigen, muskovitreichen Zentralgranit angelegt worden. Die beste Teilbarkeit streicht hier Ostnordost und steht steil. Die Klüftung ist undeutlich und nicht durchhaltend.

Die Brüche bei Stimmberg, südlich Innenstetten, erschlossen die feinkörnige Edenstettener Fazies des Massivs. Im Steinbruch „Würfel" ist im Südteil die scharfe Grenze der mittelkörnigen Mettener Fazies gegen die feinkörnige Edenstettener Fazies mit Ost-West-Streichen und 50° Nordfallen erschlossen. Der „Gang" des mittelkörnigen Granits verläuft Ost-West und steht senkrecht. Die Hauptklüftung (Q) streicht Nord-Süd und fällt steil ein. Die Lagerklüfte sind undeutlich, streichen Ost-West und fallen steil ein.

In der feinkörnigeren Edenstettener Fazies, im Steinbruch „Prebeck", streicht die beste Teilbarkeit Nordost bis Ostnordost und fällt steil ein. Dementsprechend verlaufen die vertikalen Q-Klüfte in Nordnordwest-Richtung.

In dem seit 1976 stilliegenden Steinbruch Innenstetten („Batzer") ist die Edenstettener Fazies des Massivs feinkörniger und der Granit im ganzen dichter ausgebildet. Hier streicht die Biotitfaser Ost-West und steht vertikal, während die steil einfallende Q-Klüftung Nord-Süd verläuft. Hier wurden Werksteine gewonnen sowie Straßen- und Wasserbaustoffe hergestellt. Ebenfalls in der Edenstettener Fazies wurde der Steinbruch „Bauer", westlich Innenstetten betrieben.

Im Steinbruch „Luhhof" tritt die typische Luhhofer Fazies des Massivgranits in Kontakt mit der etwas gröberen Edenstettener Fazies. In der Luhhofer Fazies erscheinen hier teils gangförmig, teils als Einschlüsse feinkörnigere basische Schollen.

In beiden Graniten steht die beste Teilbarkeit wieder vertikal und streicht Ost-West, die zweitbeste liegt horizontal. Die Hauptklüftung (Q) streicht Nord-Süd und fällt steil nach Westen ein.

Es werden hier Werksteine für den Hoch- und Tiefbau, den Brückenbau (Pfeiler), für Granitverkleidungen und Baustoffe für den Straßen- und Wasserbau gewonnen. Das gleiche gilt für den Steinbruch des Granitwerkes Weibing.

Vorkommen: Vgl. die Ausführungen in der Einleitung und im Abschnitt Gewinnung und Verwendung.

In einem vom Mettener Massiv gegen Westnordwesten, gegen Windberg, streichenden gangförmigen feinkörnigen hellgrauen Vorkommen von Zweiglimmergranit ist am Wiedenberg bei Schulterhäusel, 1 km westlich Schwarzach, ein in Abbau stehender Großsteinbruch für die Schottergewinnung angelegt worden. Der Granit führt Schollen von Körnelgneis bis Paragranodiorit und Kalksilikatfels. Seine Druckfestigkeit beträgt im Mittel 227 N/mm^2.

Stand 2000

Kaußinger Granit (135)

Das zwischen Lalling und Auerbach auf sechs Kilometer Länge in Nordost-Südwest-Richtung sich erstreckende, elliptisch umgrenzte Kaußinger Granitmassiv ist in Korngröße und Mineralbestand recht einheitlich aufgebaut.

Gesteinsausbildung und Eigenschaften: Der Normaltyp, wie er bei Kaußing und Lalling auftritt, ist ein feinkörniger, ziemlich heller Biotitgranit, ohne oder fast ohne erkennbare Regelung.

Mineralbestand: Quarz (30%), Plagioklas (35–40%), Kalifeldspat (20%), Muskovit, Biotit (10%), Apatit, Orthit, Epidot, Klinozoisit, Erz, selten Titanit und Sillimanit, Chlorit (sekundär).

Das an Kalifeldspat arme Gestein besitzt die Zusammensetzung eines Granodiorits. Am Süd- und Südwestrand des Massivs, an der Altreut und im Schachten-Wald, tritt eine mittelkörnige, etwas kalifeldspatreichere (23%) Fazies auf. Hier sowie zwischen Kohlhaus und Urlading findet sich zudem eine sehr feinkörnige, gut geregelte Fazies, die in den normalen feinkörnigen Massivgranit übergeht.

Kleine Glimmerbutzen in Form von Kugeln oder Linsen mit 1 bis 3 cm Durchmesser bilden Einschlüsse im mittleren Massivteil.

Nach Süden zu (Steinbruch Thiele an der Altreut) finden sich häufiger Einschlüsse basischer dunkler Restite nach Gneisen.

Die Streckung verläuft im Granit NO-SW, die Biotitfaser streicht 50–60° und liegt flach.

Die weit durchsetzenden Q-Klüfte streichen 30°, die Längsklüfte streichen 110–130°, Scherklüfte 0 und 90°.

Gewinnung und Verwendung: Der Kaußinger Granit wurde in zahlreichen Brüchen bei Lalling, Kaußing und Auerbach abgebaut, von denen heute bereits ein Teil stilliegt. Er stellt ein weitgehend homogenes Gestein von hoher Festigkeit dar, in dem auch die basischen Butzen wegen des nur wenig vom Granit abweichenden Mineralbestandes und Gefüges nicht stören. Die eng gescharten Klüfte gestatten jedoch meist keine Gewinnung von großen Blöcken. Der Granit wird daher vorwiegend zu Straßenbaustoffen, Pflastersteinen, Schotter und Splitten sowie zu Wasserbausteinen verarbeitet.

Vorkommen: Vgl. die Ausführung in der Einleitung und im Abschnitt Gewinnung und Verwendung.

Das Intrusivgebiet von Fürstenstein (Saldenburger Massiv)

Tittlinger Granit, Eberhardsreuther Granit, Zweiglimmergranite und der Saldenburger Granit mit ihren Varietäten und Nachphasen sind am Aufbau des großen Intrusivgebietes von Fürstenstein beteiligt.

Tittlinger Granit (136)

Der Tittlinger Granit steht mit den Dioriten des Fürstensteiner Gebietes in einem engen Mischverband. Durch Aufnahme von dioritischem Material trägt er südlich der Verbindungslinie Rothau-Tittling zum Teil granodioritische Züge.

Gesteinsausbildung und Eigenschaften: Der mittelkörnige, dunkel gefärbte Tittlinger Biotit-Granit ist frei von Hellglimmer und besitzt eine gleichmäßige Struktur. An seiner Zusammensetzung beteiligt sich Plagioklas (35–50%) bis zur Hälfte der Gemengteile, Kalifeldspat (10–13%) bis zu einem Drittel. Quarz (10–30%) und Biotit (9–12%) bilden den restlichen Mineralbestand. An Akzessorien treten brauner Titanit und Körner schwarzen Orthits hinzu, ferner Erz, Apatit, Epidot, Zirkon und Xenotim.

Im Kontakt zu den Dioritgangzügen im Süden ist der Tittlinger Granit feinkörniger ausgebildet.

Technische Gesteinsdaten

Rohdichte	2,65 g/cm^3
Druckfestigkeit	229 N/mm^2
Wasseraufnahme	0,36 Vol.-%
lieferbare Dimensionen	3,0 x 2,0 x 1,5 m
gegen Frost	beständig
gegen Aggressorien	beständig
Politur	unbeschränkt haltbar

Gewinnung und Verwendung: Im „Matzersdorfer Bruch", im „Kerber-Bruch" am Höhenberg, im „Eisensteger-" und im „Merkenschlager-Bruch" werden Straßenbaustoffe sowie Baustoffe für den Hoch- und Tiefbau (Werksteine) und technische Steinkörper erzeugt. Im „Kusser-Bruch" am Höhenberg werden Rand-, Leisten-, Klein- und Großpflastersteine geschlagen sowie Wasserbausteine hergestellt. Ferner werden Denkmäler angefertigt. Das Gestein wurde beim Bau der Staatlichen Feuerwehr-Schule in Regensburg, der Ortskrankenkasse Freyung, des U-Bahn-Bauamtes München und der Kirche in Grainet verwendet.

Handelsname: Granodiorit Tittling-Grau

Vorkommen: Der Tittlinger Granit besitzt eine mit der Spitze gegen Norden gerichtete Keilform von 5 km Länge, die sich zwischen Oberpolling und Stützersdorf erstreckt. Im Osten grenzt er an den Gneisrahmen, im Westen an den Saldenburger Granit.

Eberhardsreuther Granit (137)

Der Eberhardsreuther Granit nimmt den gegen Norden vorspringenden Sporn des Fürstensteiner Intrusivgebietes ein. Er bildet ein Gewölbe, das flach unter die umgebende Gneisdecke greift. Das Dach dieses Gewölbes ist durch das heutige Erosionsniveau soeben angeschnitten.

Gesteinsausbildung und Eigenschaften: Der mittelkörnige, bereichsweise – besonders im nördlichen Verbreitungsgebiet – auch grobkörnige und Fremdgesteinsschollen führende hellgraue Granit ist durch einen größeren Quarzreichtum und eine feine, zu einer O-W-gerichteten Streckung parallelverlaufende Rissigkeit gekennzeichnet.

Mineralbestand: Plagioklas, Kalifeldspat, Quarz, Biotit, Erz, Apatit, Zirkon, Xenotim, Monazit.

Technische Gesteinsdaten

Rohdichte	2,647 g/cm^3
Reinwichte	2,649 cN/mm^3
Druckfestigkeit	215 N/mm^2
Dichtigkeitsgrad	0,999
Gesamtporosität	0,1 Raum%
Frostbeständigkeit	vollkommen

Gewinnung: Gewinnungsstellen befanden sich nördlich und südlich von Eberhardsreuth („Herrnholzbruch", „Bauernbergbruch"). Der auf der Höhe 491, nördlich von Eberhardsreuth, gelegene „Herrnholzbruch" ist bereits seit 1944 aufgelassen.

Renholding-Möginger Granit (138)

Zweiglimmergranite bauen das rund 20 km² große Gebiet zwischen dem Saldenburger Massiv und dem Gneisrahmen im Süden auf. In ihnen sind nur vereinzelt Steinbrüche angelegt worden, da sie wegen ihres hohen Verwitterungsgrades im Bereich einer pleistozän zerschnittenen, pliozänen Rumpftreppe technisch kaum verwertbar sind. Das südlichste Vorkommen ist in zwei Steinbrüchen südlich Möging erschlossen.

Saldenburger Granit (139)

Der Saldenburger Granit nimmt mit 80 km² rund die Hälfte der Gesamtfläche des Fürstensteiner Intrusivgebietes ein und bildet ein großes Oval zwischen der Gaißa im Südwesten und dem Ilzfluß im Nordosten. Die Flanken dieses Ovals werden von Gneisen begleitet. Im Nordosten grenzt er gegen den älteren Eberhardsreuther Granit, im Süden greift er in Form von Zungen, Gängen, Platten, Decken und Apophysen in die dunklen Gesteine von Fürstenstein hinein.

Gesteinsausbildung und Eigenschaften: Der grobporphyrisch entwickelte Haupttypus des Massivs führt großtafelige, meist klar begrenzte Kalifeldspäte (bis 3 cm) in einer grobkörnigen Grundmasse aus grauem perlartigem Quarz, milchigweißem Plagioklas und dunklem Glimmer. Die normale Randfazies ist porphyrisch entwickelt, jedoch kleiner im Korn. Die Randfazies im Süden ist mittelkörnig mit wenigen Großkristallen von Kalifeldspat oder ohne solche.

Technische Gesteinsdaten

Rohdichte	2,69 g/cm³
Druckfestigkeit	222 N/mm²
lieferbare Dimensionen	6,0 x 2,0 x 1,5 m
gegen Aggressorien	beständig
Politur	unbeschränkt haltbar

Gewinnung und Verwendung: Saldenburger Massivgranit wird in dem Steinbruch „Gramlet" am Westhang des Hochberges, P 596,4, hier am Westende des Bannholzes, abgebaut. Eine in Richtung Osten, auf den Hochberggipfel zu, anfangs mit ca. 200 m Länge vorangetriebene Sohle erschloß im Westen zunächst Saldenburger Granit in porphyrischer Randfazies mit mehreren Metern großen Gneisschollen. Im Osten der aufgefahrenen Sohle folgte nach einer geradlinigen Kontaktgrenze, deren Verlauf bei N 155° 0/90° liegt, mischdioritischer Quarzdiorit. Bei diesem handelt es sich um ein Gestein, in dessen feinkörnigerer, dunkler Grundmasse große Feldspatleisten (Kalifeldspatgroßkri-

stalle) eingebettet sind. In diesem etwas helleren und im ganzen grobkörnigeren Mischdiorit, der auch die großen Kalifeldspäte enthält, sind feinkörnigere dunkle, dioritische Schollen eingelagert. Die Hauptgemengteile des Gesteins sind: Quarz (21–23%), Plagioklas (36–39%), Kalifeldspat (Mikroklin) (20–23%) und Biotit (16–18%). Aus den Gesteinen dieses Mischverbandes werden Schotter, Splitte und Brechsande erzeugt.

Im „Mühlbruch Einzendobl" werden Werksteine für den Hoch- und Tiefbau, für ornamentale Zwecke (Denkmäler) gewonnen und Straßenbaustoffe hergestellt. Eine weitere Gewinnungsstelle ist der „Kerber Bruch" am Höhenberg. Hier werden Grabmale, große Plastiken, Brunnen, Pflaster-, Grenz- und Leistensteine, Damm- und Wasserbausteine, neuerdings auch polierte Platten für Bodenbeläge und Wandverkleidungen hergestellt. Das Gestein wurde beim Bau des Landratsamtes Vilshofen verwendet. Im Steinbruch Rost am Hart-Berg, nordöstlich Thurmansbang, werden Straßenbaustoffe, wie Pflaster-, Rand- und Leistensteine, Grenz- und Werksteine gefertigt.

Das Intrusivgebiet von Hauzenberg (Hauzenberger Massiv)

Das Hauzenberger Massiv – zwischen Erlau, Oster- und Staffelbach – stellt einen Granitstock dar, der in ziemlich oberflächennahem Niveau flache Fugen im Gneisgebirge aufgestemmt und sich lakkolithenähnlich ausgebreitet hat. Die Wurzel und größte Mächtigkeit des Granits ist demnach im Massiv selbst zu suchen. An den Rändern verschwächt sich die Mächtigkeit des Granits.

An dem komplexen Aufbau des Massivs beteiligt sich der feinkörnige Hauzenberger Granit I, der auch als Biotitfleckengranit mit zahlreichen Glimmernüssen (sogenannter „Muckenschecker Granit") ausgebildet sein kann, mit 18%. Er wird von Gängen und Schlieren des jüngeren Hauzenberger Granit II durchschlagen und durchadert. Der Hauzenberger Granit II nimmt etwas mehr als 50% des Granitmassivs ein. Der mittelkörnige Massivgranit hat seinerseits Schollen und Schlieren des feinkörnigen Granits in sich aufgenommen. Eine basische, granodioritische Randfazies nimmt den westlichen, südwestlichen und südlichen Teil des Massivs ein. Zu dieser tritt im östlichen und nordöstlichen Teil des Massivs noch ein Granodiorit bis Biotitgranit.

Gesteinsausbildung und Eigenschaften:

Hauzenberger Granit I (140)

Sehr homogener, bläulichgrauer, feinkörniger Biotit-Muskovit-Granit, der bereichsweise Butzen von dunklem Glimmer führt (Biotitfleckengranit).

Mineralbestand: Quarz, Plagioklas und Kalifeldspat beteiligen sich zu je etwa 30%. Hinzu treten dunkler und heller Glimmer, an Akzessorien Zirkon, Apatit und Erz, seltener Andalusit und Sillimanit, an Umwandlungsprodukten Pennin, Leukoxen, Hellglimmer und Hämatit.

Im Biotitfleckengranit sind zahlreiche Butzen dunklen Glimmers in flachen Bändern angeordnet. Bis zu 450 solcher bis zu cm-großen „Biotitnüsse" sind auf

einem Quadratmeter des Gesteins angereichert. Sie bestehen zu je etwa 15% aus Biotit und Muskovit, zu 60% aus Quarz und zu 10% aus Feldspat.

Hauzenberger Granit II (141)

Bläulichgrauer, durch einsetzende Verwitterung der dunklen Glimmer auch gelblich gefärbter, mittel- bis grobkörniger Biotit-Muskovit-Granit. Er nimmt etwas mehr als die Hälfte des gesamten Massivs ein.

Mineralbestand: Plagioklas, Kalifeldspat und Quarz beteiligen sich zu je etwa 30%. Hinzu kommen noch heller und dunkler Glimmer, an Akzessorien Zirkon, Apatit, Erz, vereinzelt pinitisierter Cordierit, Andalusit (Steinbruch südlich Lindbüchl), Sillimanit und Granat. Jüngere Umwandlungen bilden Pennin, Leukoxen, Rutil und Hellglimmer.

Eine etwas grobkörnigere Varietät mit Kalifeldspateinsprenglingen ist an den Westrand des Massivs bei Unholdenberg, Bernhardsberg und Steinmühle gebunden.

Hauzenberger Granodiorit (142)

Sehr homogener, bläulichgrauer, fein- bis mittelkörniger Granodiorit. Mineralbestand: Sein Plagioklasanteil (Plagioklas I und II) ist doppelt so hoch wie sein Kalifeldspatanteil (40% und 20%), während Quarz mit etwa 30% an der Zusammensetzung beteiligt ist. Hinzu tritt 10% dunkler Glimmer, Hellglimmer fehlt. Akzessorien: Zirkon, Xenotim, Monazit, Apatit, Magnetit, Pyrit, sekundärer Calcit, Hellglimmer, Chlorit und Leukoxen. Nach Süden zu nehmen Plagioklas und Biotitgehalt ab, Quarz und Kalifeldspat, der hier Einsprenglinge bildet, zu. Die Plagioklase werden von einem hellblaugrauen Kern aus gegen die Ränder zu immer heller.

Technische Gesteinsdaten

	Hauzenberger Granit I	Hauzenberger Granit II	Hauzenberger Granodiorit
Rohdichte	2,62 g/cm^3	2,61–2,65 g/cm^3	2,64–2,7 g/cm^3
Druckfestigkeit	153 N/mm^2	148–189 N/mm^2	142–183 N/mm^2
Biegezugfestigkeit	21,05 N/mm^2	20,56 N/mm^2	28,46 N/mm^2
Schleifverschleiß als Volumenverlust	5,8 cm^3/50 cm^2	5,8 cm^3/50 cm^2	5,2–6,6 cm^3/50 cm^2
Wasseraufnahme	0,42 Gew.-%	0,34 Gew.-%	0,27 Gew.-%
lieferbare Dimensionen	–	15 m^3	bis 15 m^3
gegen Frost	beständig	beständig	beständig
gegen Aggressorien	beständig	beständig	beständig
Politur	unbeschränkt haltbar	unbeschränkt haltbar	unbeschränkt haltbar

Hauzenberger Granit I: Der Wasseraufnahmewert < 0,5 Gew.-% unter Atmosphärendruck spricht für Verwitterungsbeständigkeit. Die Druckfestigkeit liegt unter den mittleren Häufigkeitswerten für Granit (160–240 N/mm^2). Die Verschleißfestigkeit liegt im unteren Drittel der mittleren Häufigkeitswerte für Granit (5–8 cm^3 je 50 cm^2 Prüffläche). Die Biegefestigkeit liegt über den mittleren Häufigkeitswerten für Granit (10–20 N/mm^2).

Hauzenberger Granit II: Der Wasseraufnahmewert < 0,5 Gew.-% unter Atmosphärendruck spricht für Verwitterungsbeständigkeit. Die Druckfestigkeit liegt unter den mittleren Häufigkeitswerten für Granit (160-240 N/mm^2). Die Verschleißfestigkeit liegt im unteren Drittel der mittleren Häufigkeitswerte für Granit (5–8 cm^3 je 50 cm^2 Prüffläche). Die Biegefestigkeit liegt über den mittleren Häufigkeitswerten für Granit (10–20 N/mm^2).

Hauzenberger Granodiorit: Die Wasseraufnahme < 0,5 Gew.-% spricht für Verwitterungsbeständigkeit. Die Druckfestigkeit liegt unter den mittleren Häufigkeitswerten für Granit/Granodiorit (160–240 N/mm^2). Die Verschleißfestigkeit liegt im unteren Drittel der mittleren Häufigkeitswerte für Granit (5–8 cm^3 je 50 cm^2 Prüffläche). Die Biegefestigkeit liegt weit über den mittleren Häufigkeitswerten für Granit/Granodiorit (10–20 N/mm^2).

Gewinnung und Verwendung: Im Hauzenberger Gebiet fällt die Entstehung der Granitindustrie in die zweite Hälfte des vorigen Jahrhunderts (um 1870). Nach 1875 war sie neben der Landwirtschaft Haupterwerbszweig der Bevölkerung und blieb dies bis zum Ende des Zweiten Weltkriegs.

Im Hauzenberger Granit I sind die Steinbrüche Hinterthiesen- und Oberthiesen, Beringer, Meier-Kusser und Bauer, nordwestlich Bauzing, sowie Erlmeier und Wachtveitl am Steinberg gegen Lichtenau angelegt worden. Eine typische Gewinnungsstelle im Biotitfleckengranit ist der Steinbruch Neidlinger Berg.

In den Brüchen Hinter- und Oberthiesen werden Leistensteine und Großpflaster hergestellt. Im Beringer, Meier-Kusser, Bauer und Bauzinger Bruch werden Bord- oder Leistensteine, sowie Groß- und Kleinpflaster erzeugt. Dasselbe gilt vom Steinbruch im Brand sowie vom Kasberger Bruch in Hemau.

Im Hauzenberger Granit II sind die Steinbrüche Kaltrum (Granit mit hervorragenden Spalteigenschaften) und Etz mit der Herstellung von Spaltfelsen, Säulen, Grenz-, Pflaster- und Leistensteinen sowie Großpflaster, neuerdings viel zu Brunnen, Freitreppen und Plastiken verwendet und auch poliert, am Kirchstein und im Eitzing mit der Gewinnung von Rohblöcken und der Herstellung von Pflastersteinen sowie der Steinbruch nordöstlich Bernhardsberg angelegt worden.

Das Gestein von Kaltrum, Handelsname: Kaltrum, wurde bei der Erstellung der Passauer Fußgängerzone verwendet.

Die Gewinnungsstellen im Pufferholz sind aufgelassen und zumeist verfüllt. Die Brüche im Döbling, am Saußberg und am Rußingberg liegen zur Zeit still.

In den Steinbrüchen westlich des Freudensees sind Werksteine für den Bau der Ruhmeshalle bei Kelheim gebrochen worden. Dieser, durch seine weitständige Klüftung ausgezeichnete, helle gelbweiße Granit gestattete die Herstellung von achtzehn, je 6,7 m langen, sechskantigen monolithischen Säulen mit einem Durchmesser von 1,55 m und einem Gewicht von je 40 t aus einer einzigen Felswand. Wegen Transportschwierigkeiten unterblieb jedoch ihre Verwendung.

Hauzenberger Granodiorit bis Biotitgranit wird im Wachtveitl- und Albrechtbruch am Lindberg gewonnen und zu Straßenbau- und Werksteinen verarbeitet.

Aus der granodioritischen Randfazies des Massivs im Schachet, südlich von Hauzenberg, stammen Pfeilerstücke und Säulen der Ruhmeshalle bei Kelheim, die aus losen Blöcken „Blauen Granits" gewonnen wurden, wie sie sich hier zwischen der Stadt und Grub finden. Heute noch wird das Gestein in einem nahe der Straße nach Wotzdorf gelegenen Bruch abgebaut und zu Groß- sowie Kleinpflaster, zu Rand- und Leistensteinen verarbeitet. Es werden aber auch Rohblöcke in ihm gewonnen. Der wenig weiter gegen Südwesten gelegene Steinbruch „Königsee" liegt zur Zeit still. Im Raum zwischen Berbing und Wotzdorf sind in dem gleichen Gesteinstypus ebenfalls zahlreiche Gewinnungsstellen (Berbinger Bruch, Stemplinger Bruch, Zankl-Brüche, Steinbruch Weide oder Schuler, früher Jahnbruch und Pflaumbruch) angelegt worden.

Im Steinbruch Zankl, im Weide- oder Schulerbruch werden unter anderem gestockte Bord- oder Randsteine sowie Schotter hergestellt. Im mittelkörnigen Granodiorit des Kronreuther Bruches, südöstlich von Wotzdorf, werden Rohblökke für Arbeiten aller Art, besonders aber im polierten Zustand für Grabmale und Bauten gewonnen und Gesteinsmaterial für die Herstellung von Schotter sowie von Zuschlagstoffen für bituminöse und ungebundene Tragschichten gebrochen. Das Gestein wurde unter anderem beim Bau des Olympia-Geländes in München verwendet.

Handelsname: Kronreuth

Im Klingerreuther oder Stockbauer-Bruch sind früher ebenfalls Werksteine gewonnen worden. Ein mittelkörniger Granodiorit in der Nordwand des Bruches, ein feinkörniger Granodiorit im oberen Westteil des Bruches, als Randfazies des Granodiorits, eine grobkörnige, redwitzitische Varietät an der Südwand, im unteren Teil der Westwand und auf der Sohle des Bruches, ein jüngerer, etwa Ost-West-streichender, 40° gegen S einfallender, 2 bis 3 m mächtiger Aplitgranitgang, stehen hier miteinander im Verband.

Vorkommen: Das Verbreitungsgebiet des Hauzenberger Granit I, der bevorzugt die höher gelegenen Teile des Massivs bildet, liegt am Tiesenberg, zwischen Wolkar, Oberkümmering und Nottau sowie zwischen Hemerau, Holzfreyung und Neidlingerberg. Als Biotitfleckengranit ist er bei Oberkümmering, am Tiessenhäusl und bei Neidlingerberg ausgebildet.

Der Hauzenberger Granit II nimmt den Eitzing bei Oberfrauenwald, die Höhen um Neustift, Lindbüchl, Gießübl und Raßreuth sowie die Höhen um Lichtenau und gegen Bärnreuth hin ein.

Hauzenberger Granodiorit bis Biotitgranit ist am Lindberg, südöstlich Waldkirchen, und östlich Oberfrauenwald verbreitet.

Die granodioritische Randfazies des Granitmassivs, der das Vorkommen im Schachet, südlich Hauzenberg, angehört, ist darüber hinaus bei Fürsetzing, Garham, Wotzdorf, Steinberg, Berbing, Niederkümmering, Nottau und Hunaberg verbreitet.

Die aus den Graniten und Granodioriten des Passauer Waldes hergestellten Splittkörnungen besitzen bei einer Trockenrohdichte von 2,64 bis 2,66 g/cm^3 einen hohen Reinheitsgrad. Die Verstaubung und die Beteiligung bindiger Bestandteile (Korngröße < 0,063 mm) der korngestuften Korngemische liegen im Mittel bei nur 0,32 Gew.-%. Der Anteil an weniger gut geformten Körnern erfüllt, bezogen auf einzelne Korngruppen, mit im Mittel 3,6 bzw. 10,9 Gew.-% die Sollwert-Anforderungen. Der Anteil an bruchflächigen und ungebrochenen Splittkörnern ist ebenfalls äußerst gering. Von dem Splittgut werden auch die Anforderungen an die Verwitterungs- und Frostbeständigkeit erfüllt. Die Wasseraufnahme der Splitte bei Atmosphärendruck liegt um 0,4 Gew.-%. Die Widerstandsfähigkeit der Splitte gegen Schlag (Schlagzertrümmerungswert, $SZ_{Sp\,8/12}$) liegt zwischen 14 und 17,9 Gew.-%, somit unter dem Sollwert für Deck- und „hohlraumreiche" Binderschichten unter Gußasphalt von Straßen mit starker bis sehr starker Verkehrsbelastung.

Die für die Herstellung von bituminösem Mischgut im Straßenbau erzeugten Edelbrechsande besitzen eine Frostbeständigkeit, die selbst nach 10maligem Frost-Tau-Wechsel weit unter dem geforderten Richtwert liegt. Die Druckfestigkeit für verschiedene Mischguttypen liegt zwischen 2,7 und 4,3 N/mm^2 und selbst nach mehrtägiger Wasserlagerung noch zwischen 1,7 und 2,9 N/mm^2.

Granite des Neuburger Waldes

Neustifter Granit (143)

Der Zweiglimmergranit von Neustift bildet einen zusammenhängenden Intrusivkörper. Zu ihm gehören die Vorkommen an den Talhängen der Wolfach von Neustift bis kurz vor Zeitlarn und das die Hänge des Vilstales zwischen dem Vilskraftwerk und dem Bahnhof Mattenham aufbauende Gestein. Hier wurde er im „Taferl" zwischen den beiden Weltkriegen in zahlreichen, heute stilliegenden Steinbrüchen abgebaut. Heute ebenfalls verlassene Gewinnungsstellen befinden sich bei Knadlarn und nördlich Unteroh. Die östliche Begrenzung des Massivs bildet ein tektonischer Abbruch, die Wolfachlinie.

Gesteinsausbildung und Eigenschaften: An der Zusammensetzung des feinkörnigen, blaugrauen Granits von Neustift, dessen größte Mineralkörner 2 mm Durchmesser nicht überschreiten, beteiligen sich Plagioklas, Kalifeldspat und Quarz mit je etwa 30%. Hinzu treten dunkler und heller Glimmer, an Akzessorien Zirkon, Apatit, Andalusit und pinitisierter Cordierit, an Umwandlungsmineralen aus Biotit entstandener Titanit, Rutil und Ilmenit. An örtlich auftretenden, sekundären hydrothermalen Umwandlungen des Granits sind

gelegentliche Hämatitisierung der Kalifeldspäte, Chloritisierung der Biotite und Sericitisierung der Plagioklase zu nennen. Biotitreiche Flecken und Butzen („Leberflecken") rühren von Nebengesteinseinschlüssen her.

Verwitterungsvorgänge führen zu gelblichweißen bis bräunlichen Farbtönen infolge Kaolinisierung der Plagioklase und Färbung durch Brauneisen, das aus dem Biotit stammt.

Die Regelungs- bzw. Teilbarkeitsrichtungen besitzen folgende Raumorientierung. Der „Hebgang" (s_1) streicht N-S bis NNW-SSO und fällt 40–60° gegen W ein, der „Stehgang" (S_2) streicht O-W bis ONO und steht senkrecht, der „Stutz" (Q) verläuft N-S bis NNW und fällt 30–50° Ost. Im Neustifter Granit macht sich die Nähe der Wolfachlinie dadurch bemerkbar, daß die Klüfte des Granits zu Gleitbewegungen benützt worden sind. Die Hauptklüftung des Granits verläuft somit in N-S- bis NNW-SSO-Richtung und fällt nach Osten ein. Die Richtung der besten Teilbarkeit verläuft ebenfalls N-S und fällt gegen Westen ein.

Technische Gesteinsdaten

	Granit von Neustift	Granit von Vilshofen
Rohdichte	2,64 g/cm^3	2,60–2,75 g/cm^3
Druckfestigkeit	219–249 N/mm^2	168–249 N/mm^2
Abnutzung nach Gewicht für 200 Umdrehungen (Mittel aus drei Messungen)	–	6,6–8,3 g
Wasseraufnahme bei Atmosphärendruck	0,2 Gew.-%	–

Die Druckfestigkeit des Neustifter Granits beträgt jeweils im Mittel senkrecht Q = 233 N/mm^2, senkrecht S_2 = 202 N/mm^2, senkrecht s_1 = 207 N/mm^2, daraus ergibt sich ein Gesamtmittel von 214 N/mm^2.

Gewinnung und Verwendung: Vor mehr als 90 Jahren wurde in Neustift der Abbau des Granits begonnen.

Zuerst wurden vorwiegend Pflastersteine geschlagen. Mit wachsender Nachfrage ging man zur Erzeugung von Grob- und Feinschotter sowie von Splitten über. Es werden Schrotten, Gleisschotter, Splitte, Edelsplitte, Brechsand-Splitt, Edelbrechsand und Sonderkörnungen hergestellt.

Auf Grund seines feinkörnigen Gefüges – die größten Mineralkörner überschreiten 2 mm ∅ nicht, sondern bleiben meist weit darunter – ist der Granit als Material für Straßen- und Bahnschotter gut geeignet. Da die Regelung der Mineralien nicht nur in einer Richtung erfolgte, ist die Voraussetzung für die Herstellung kubischen Schotters gegeben. Klüftigkeit, Festigkeit und Verwitterungsbeständigkeit tragen weiterhin zur Eignung des Gesteins bei.

Vorkommen: Über das Vorkommen des Neustifter Granits vgl. die Ausführungen in der Einleitung.

Neuhaus-Schärdinger Granit (144)

Die Hauptmasse des Neuhaus-Schärdinger Granits liegt östlich des Innflusses, südöstlich von Schärding, im westlichen Teil des Oberösterreichischen Sauwaldes. Einzelne Teilkörper dieses Massivs setzen sich in den Raum des Neuburger Waldes gegen Nordwesten hin fort. Fein-, mittel- bis grobkörniger, dunkelblaugrauer Granit ist bei Gurlarn, östlich von Fürstenzell, in heute stilliegenden Steinbrüchen erschlossen. Ein Übergang von anatektischen Gneisen zum Schärdinger Granit ist zu beobachten.

Technische Gesteinsdaten

	Granit von Neuhaus	Granit von Fürstenzell
Rohdichte	2,67–2,71 g/cm^3	2,68–2,72 g/cm^3
Druckfestigkeit	171–224 N/mm^2	195–213 N/mm^2
Abnutzung nach Gewicht für 200 Umdrehungen		203 N/mm^2 Mittel
(Mittel aus 3 Messungen)	7,5–8,7 g	8,1–8,7 g

Ganggranit (145)

Auch im Bayerischen Wald wird das Gneisgebirge von zahlreichen feinkörnigen Graniten in teils flachen Gängen unterschiedlicher Mächtigkeit (10 cm bis 200 m) und in verschiedener Richtung durchschlagen. Daneben aber bildet der feinkörnige Ganggranit auch flache Platten und kleine Massive. Von den eigentlichen Massivgraniten selbst werden die Ganggranite als ältere Intrusivgesteine diskordant abgeschnitten.

Gesteinsausbildung und Eigenschaften: Die Feinkorn- oder Ganggranite grenzen stets mit scharfen, diskordanten Kontakten gegen die sie umgebenden Gneise.

Es sind im wesentlichen drei Typen zu unterscheiden:

Ein normaler Feinkorngranit,
eine etwas basischere, granodioritische Varietät und
eine etwas sauere, aplitgranitische Varietät.

Mitunter lassen diese Granitgänge eine deutliche Gefügeregelung ihrer Gemengteile, namentlich der dunklen Glimmer erkennen. Diese Regelung hat entweder in einer erfolgten Druckentlastung durch Aufweitung der Fugen bei der Intrusion der Ganggranite ihre Ursache oder aber ist durch noch im Gneisrahmen vorhandene Druckspannungen bei der Platznahme der Feinkorngranite bedingt.

Gewinnung und Verwendung: In einem etwas mächtigeren, maximal 500 m breiten, SW-NO-streichenden Ganggranit sind die beiden Steinbrüche für Schottergewinnung bei Steinerleinbach angelegt.

In einem SSW-NNO-streichenden feinkörnigen mittelgrauen Ganggranit mit Biotitbutzen im Herrnholz bei Oberneureuth werden in einem größeren Bruch Pflaster- und Leistensteine hergestellt und Straßenbaumaterial in Form von Schrotten und Splitt für ungebundene Tragschichten gebrochen. Zwei weitere in dem Vorkommen im Herrnholz angesiedelte Gewinnungsstellen stellen Bord- und Pflastersteine (u. a. Großpflaster) sowie Leisten- und Grenzsteine her.

Das gleiche gilt für den Steinbruch bei Niederneureuth und für den Knödlseder Bruch, südöstlich Wotzdorf. Hier wird ein feinkörniger hellgrauer Ganggranit, der ebenfalls Biotitbutzen führt, abgebaut und zu Schotter verarbeitet. In einer flachen Platte aus feinkörnigem Ganggranit befanden sich die Gewinnungsstellen um Büchlberg. Sowohl an ihrem Westrand, wie an ihrem Ostrand ist hier der den Ganggranit unterlagernde anatektische Gneis aufgedeckt worden. Die Auflagerungsfläche des Feinkorngranits auf den Gneis und den Amphiboliten, welche die Unterlage bilden, steigt hier nach Süden und Osten an. Ebensolche Verbandsverhältnisse finden sich im nordöstlichsten der drei zur Zeit stilliegenden Steinbrüche bei Spiesbrunn. Hier bildet der Gneisdiatexit auch noch das Hangende des zwischen 3 und 4 m mächtigen feinkörnigen gellgrauen Ganggranits mit Biotitbutzen. In den beiden weiter südlich gelegenen ehemaligen Gewinnungsstellen ist das Liegende nicht einzusehen. Beide Steinbrüche sind mit Grundwasser erfüllt. Der ebenfalls stilliegende Steinbruch bei Grögöd erschließt einen feinkörnigen, Biotitbutzen führenden Ganggranit der in die Gneise, Marmore und Kalksilikatfelse der Bunten Gruppe (Kropfmühl-Serie) diskordant eingedrungen ist und von diesen Gesteinen unterlagert wird.

Technische Gesteinsdaten von Ganggraniten

	Büchelberg, blaugrau (Varietät 1)	Büchelberg, gelb	Allmunzen
Rohdichte	2,61–2,64 g/cm^3	2,60–2,62 g/cm^3	2,64–2,66 g/cm^3
Druckfestigkeit	134–149 N/mm^2	125–142 N/mm^2	200–237 N/mm^2
Abnutzung nach Gewicht bei 200 Umdrehungen (Mittel aus drei Messungen)	11,7–15,0 g	max. 197 N/mm^2 13,4–15,7 g	7,8–10,9 g

	Büchelberg, blaugrau (Varietät 2)
Rohdichte	2,77–2,81 g/cm^3
Druckfestigkeit	222–231 N/mm^2, max. 244 N mm^2
Abnutzung nach Gewicht bei 200 Umdrehungen (Mittel aus drei Messungen)	13,7–15,0 g

Weitere Vorkommen: Ein kleines Massiv biotitreichen Granits bis Granodiorits mit basischen Schollen und solchen von anatektischen bis diatektischen Gneisen ist bei Vorholz, südöstlich Untergriesbach, erschlossen.

Weitere, heute stilliegende Steinbrüche in zum Teil flach gelagerten Feinkorngraniten sind bei Glotzing, bei Erlet, westlich Jahrdorf, südwestlich Ruhmannsdorf, bei Donauwetzdorf, nördlich Thyrnau, bei Waning, südlich Büchlberg, sowie an der Staße nach Kellberg, unweit des Haltepunktes Löwmühle, angelegt worden.

Zu erwähnen ist noch das Vorkommen vom nordöstlichen Hirschenberg, südöstlich Jandelsbrunn. Hier werden zum Teil jedoch in Regiearbeit aus Oberneureuther Granit Mauer-, Leisten- und Pflastersteine gefertigt. Die Gewinnungsstelle von Werksteinen nördlich Hirschenberg ist mit Grundwasser erfüllt. Der Granit des Gsteinert wird am nordwestlichen Sporn des Küh-Berges, nordöstlich Pfaffenreut, gebrochen und zu Grabmalen und Grenzsteinen verarbeitet.

Auch im Raum nordwestlich und nordöstlich von Vilshofen setzen bis zu 200 m breite Ganggranite zwischen Schmalhof und Albersdorf sowie bei Einöd und Doblmühle in anatektischen Gneisen auf.

Eine weite Verbreitung finden sie ferner im Ilzgebirge zwischen dem Saldenburger und dem Hauzenberger Granitmassiv, wo sie ebenfalls anatektische Gneise diskordant durchschlagen und Gegenstand der Gewinnung sind oder waren: Steinbrüche am Schloßberg, nördlich Tittling, östlich Allmunzen, westlich Neukirchen vorm Wald, südöstlich Steinhof, südlich Bahnhof Fischhaus.

Im Oberpfälzer Wald wird unter anderem an der Straße von Neunburg vorm Wald nach Rötz ein Ganggranit auf Schotter abgebaut.

Stand 2000

Ganggesteine

(WINFRIED WEINELT)

Proterobas (150)

Gangförmiger Proterobas belegt im postgranitisch konsolidierten Gebirgsbau SO-NW-gerichtete, durch Zerrungsvorgänge geöffnete Kluftzonen.

Gesteinsausbildung und Eigenschaften: Der Proterobas, ein mittelkörniger Gangdiabas mit ophitischem Gefüge und schwarzgrüner Grundfarbe, führt an Primärmineralen Augit und basische Plagioklase (Andesin-Labrador), die eine weiße Sprenkelung des Gesteins bedingen. Primäre Akzessorien sind Biotit, Apatit, Titaneisen, Pyrit und Magnetkies. Titaneisen und Pyrit erzeugen metallisch-schimmernde Flecken. Die primäre Mineralkombination ist durch hochhydrothermale Umwandlungen im Zuge einer Autometamorphose in sekundäre Mineralphasen mit Albit-Oligoklas, Epidot, brauner und grüner Hornblende, Chlorit, Titanit, Rutil, Calcit und Quarz übergeführt worden.

Mineralbestand: Plagioklas 53,0%, Quarz 2,0%, Pyroxen 14,0%, Biotit 2,7%, Chlorit und Biotit 5,0%, Chlorit 8,5%, Erz 7,0%, Hornblende grün 2,2%, Hornblende braun 2,0%, Strahlstein 0,2%, Apatit 1,0%, Epidot 1,5%, Muskovit 0,9%.

Die Mächtigkeit des lamprophyrischen Ganggesteins schwankt zwischen 5 und 20 m und beträgt in den Steinbrüchen bei Neubau durchschnittlich 10 m.

Technische Gesteinsdaten

Rohdichte	2,9 g/cm^3
Druckfestigkeit	213–245–294 N/mm^2
Biegezugfestigkeit	20–25 N/mm^2
Abnutzung nach Gewicht	12,3 g
lieferbare Dimensionen	früher bis 5 m^3 (heute nur kleinere Blöcke)
gegen Frost	beständig
gegen Aggressorien	beständig
Politur	haltbar

Gewinnung und Verwendung: Der Proterobas war Gegenstand einer lebhaften Steinbruchindustrie. Zentrum der Gewinnung war Neubau bei Fichtelberg. Fast bis zum Gipfel des Ochsenkopfes reihten sich die Steinbrüche und setzten sich auch auf der Bischofsgrüner Seite des Berges fort. Das Gestein war im oberflächennahen Bereich durch ein grobmaschiges Netz von Klüften aufgelöst und in einzelne große Kugeln mit schaligem Aufbau verwittert. Entsprechend dem gangförmigen Vorkommen des Gesteins vollzog sich der Abbau in langgezogenen schlauchförmigen Steinbruchanlagen. Die geringe Mächtigkeit des Ganges, sein steiles Einfallen und die meist tiefgründige Verwitterung (Einsturzgefahr der Granitwände am Salband) brachten Schwierigkeiten beim Abbau mit sich. Von den

ehemals 24 Steinbrüchen ist heute nur noch ein Bruch bei Bedarf in Betrieb (Handelsname: Grünporphyr).

Der Proterobas wurde hauptsächlich zu Denkmalsarbeiten verwendet. Beispiel: Treppenaufgang des Gerichtsgebäudes in Würzburg, Vestibül des Reichtagsgebäudes in Berlin. Zierbrunnen in Wunsiedel (Säulen, Becken und bildhauerische Arbeiten). Darüberhinaus wurde er zu Bodenbelagplatten verarbeitet.

Auf der großen Druckfestigkeit des Gesteins beruhte die Herstellung von Hartsteinwalzen für die Textilindustrie sowie für Getreidewalzenstühle und Papiermaschinen.

Ungleichmäßigkeiten in der Struktur und Farbe des Gesteins werden durch gelbgrüne Epidotanreicherungen und helle, feldspatreiche Streifen und Schlieren hervorgerufen. Eingesprengter Pyrit gibt durch Oxydation an der Luft rostbraune Punkte. Die chloritisierten Metasilikate störten wegen ihrer geringeren Festigkeit gegenüber mechanischen Beanspruchungen in Körpern, die als Walzen in der Industrie dienen sollten. Aus Blöcken, die weder für den einen noch den anderen Zweck Verwendung finden konnten, wurden vorwiegend Pflastersteine oder Schottergut hergestellt.

Vorkommen: Der genannte Proterobasgang setzt mit SSO-NNW- bis SO-NW-Streichen und steilem Einfallen im Granit des Fichtelgebirges auf. Er läßt sich von Fichtelberg quer über den Ochsenkopf bis nach Bischofsgrün verfolgen. Im Nordwesten erfolgt eine Gabelung des Ganges.

Stand 2000

Kersantit – Spessartit

Lamprophyre der Kersantit-Spessartit-Reihe – von C. W. v. GÜMBEL (1866, 1894) nach dem Flüßchen Aschaff auch als „Aschaffite" bezeichnet – setzen im Dioritkomplex des südlichen Vorspessarts und in der sich im Norden anschließenden körnig-streifigen Paragneis-Serie, in die sich einzelne Gänge im N-S-Streichen fortsetzen, auf Querklüften des Faltenbaus in Gangschwärmen auf.

Im Paläozoikum des Frankenwaldes durchschlagen unterschiedlich mächtige, ebenfalls vielfach N-S-verlaufende Lamprophyrgänge (Kersantite bis Minetten) den tektonischen Falten- und Schollenbau.

Spessart

Im südlichen kristallinen Vorspessart wurden bei der geologischen Landesaufnahme etwa hundert einzelne Gangvorkommen aufgefunden.

Gesteinsausbildung und Eigenschaften: Die dunkel- bis rötlichgrau, oft auch schwarzgrau, infolge autometamorpher Vorgänge grünlich gefärbten, feinkörnigen, splitterig brechenden Ganggesteine der Kersantit-Spessartit-Reihe sind zwischen 0,30 und 12 m (in der Regel 5–6 m) mächtig.

Verwitterte Gänge und Gangteile sind braun bzw. olivgrün gefärbt. Starke Klüftung bis Schieferung parallel zu den Salbändern sowie in 20° NO mit 25° W

einfallend und in horizontaler Lage sind neben sphäroidischer Verwitterung von einzelnen Gangvorkommen bekannt.

Sowohl Mineralparagenese als auch Gefüge ändern sich vom Salband zum Ganginnern hin, wobei der Gangmächtigkeit eine entscheidende Bedeutung zukommt. Das Gefüge geringmächtiger Gänge ist einheitlich panidiomorph-porphyrisch. In mächtigen Gängen geht das panidiomorph-porphyrische Gefüge des Salbandes in das granophyrische Gefüge der Gangmitte über, bisweilen findet sich auch ophitisches Gefüge.

Am Mineralbestand beteiligen sich: Olivin, Pyroxen, braune und grüne Amphibole, Biotit, Chlorit, Plagioklas, Kalifeldspat, Quarz, Epidot und Karbonate.

An Akzessorien der Häufigkeit nach: Titanit, Zirkon und Apatit, als primäres Erz idiomorpherTitanomagnetit, als sekundäres Erz Fe-Abscheidungen, die bei der Umwandlung der primären Silikatminerale frei werden. Die dunklen Gemengteile und der Feldspat bilden Einsprenglinge in einer Grundmasse, die sich überwiegend aus den gleichen Gemengteilen zusammensetzt.

Infolge autometamorpher, allochemischer Reaktionen unterliegen die Primärminerale der Lamprophyre verschiedenen, späteren Umwandlungen.

Unter den Sekundärmineralen sind zu nennen: Uralit, grüne Hornblende, Tremolit, grün gefärbter Biotit, Chlorit (Prochlorit), Talk, Karbonate, Rutil, sekundäre Erze.

Gewinnung und Verwendung: Die Lamprophyre der Kersantit-Spessartit-Reihe wurden an zahlreichen Stellen abgebaut. Die Mehrzahl der Brüche liegt jedoch seit 1914 still. Auf den Vorkommen im Ort Gailbach (Steinbruch Grüner Baum), am Waldmichelbacher Landweg (Leimbacher Bruch) fand noch in den Jahren 1958/59 ein Abbau statt. Die in den Dioritbrüchen (Stengerts-Grauberg bei Schweinheim, Zeckenmühle bei Oberbessenbach) aufsetzenden Lamprophyrgänge werden mitgewonnen. Die bis 10 m mächtigen, gangförmigen Vorkommen dienten der Gewinnung von Pflastersteinen und von Schottergut.

Vorkommen: Im Diorit- und nördlich anschließenden Paragneisgebiet des südlichen kristallinen Vorspessarts sind sechzig wechselnd mächtige Gänge, Gangschwärme oder Gangzüge bekannt.

Frankenwald

Die Vorkommen von dunkelgrauen bis blaugrauen Kersantiten und Minetten (mit „Kalifeldspatvormacht") stellen zum Teil 1 bis 20 m mächtige, steil einfallende Gänge dar. Auf diesen früher am Kalkofen bei Naila (7–8 m mächtig), zwischen Neumühle und dem Wellesbachtal im Rodachgrund, westlich Thiemitz im Thiemitztal (4 m mächtig), im Leutnitz- und im Ködelbachtal sowie im Falkensteiner Grund als Bruchstein- und Schottermaterial abgebauten Lamprophyrgängen geht heute kein Abbau mehr um.

Oberpfälzer Wald

Ein 2 m mächtiger, kersantitischer Lamprophyrgang setzt im Granit des Steinbruchs am Steinfels südöstlich Lämersdorf auf und wurde hier mitgewonnen.

Bayerischer Wald

Ein 16 m mächtiger, NW-SO-streichender, seiger einfallender, feinkörniger Porphyritgang (Malchit bis Kersantit) setzt in einem Verband von Ganggranit und Diorit in dem Steinbruch des Grandiorwerkes bei Steinerleinbach auf.

Mineralgänge

(WINFRIED WEINELT)

Quarzgang (160)

Den Quarzgängen mit Eisenglanz vom Gleißinger Fels im Fichtelgebirge stehen die überwiegend nur Quarz führenden Pfähle und Quarzgänge gegenüber.

Gesteinsausbildung und Eigenschaften: Der Quarz der Pfähle ist vorwiegend milchig-trüb. Beim Schlagen bricht er meist kleinstückig, nach Klüftchen, wie es seiner Natur als tektonischer Breccie entspricht. Er besteht zu 95–98% aus Siliciumdioxid. Beimengungen einer bolusartigen Substanz in eckigen Partien erzeugen durch Auswitterung eine poröse oder großlückige Struktur des Quarzes, der im Bayerischen Pfahl in mindestens drei altersverschiedenen Generationen (zum Teil mit Hämatitimprägnationen) vorliegt.

Gewinnung und Verwendung: Die großen Brüche der Pfahlzone bei Thierlstein, Ried am Pfahl, Radling, Hanzing, Zandt, Viechtach, Zuckenried und Arnetsried liefern vorwiegend Material für die Herstellung von Baustoffen, unter anderem in Form von gebrochenem Quarzkies für den Straßen- und Wegebau.

Nur durch selektiven Abbau gewonnenes, ausgesuchtes Material genügt den Anforderungen der Glas- und metallurgischen Industrie.

In der Aulüß bei Falkenstein, westlich von Gehmannsberg, besitzt der Quarz die erforderliche Reinheit, so daß er hier für die Glasfabrikation geeignet war.

Quarz für die metallurgische Industrie wird am Pfahl zwischen Regen und Viechtach gewonnen. Im Hauptpfahl und in den Nebenpfählen betragen die dem Quarz beigemengten Aluminiumoxidgehalte örtlich im Durchschnitt 2 und mehr Gew.-%. Nur durch selektiven Abbau läßt sich hier aus günstigen Abschnitten ein Material mit weniger als 0,5 Gew.-% Aluminiumoxid für die metallurgische Industrie gewinnen.

Dagegen liegen in einzelnen, an die Granitmassive gebundenen Quarzgängen – zum Beispiel in der Umrahmung des Intrusivgebietes von Fürstenstein oder des Granitmassivs von Metten-Schwarzach – die Aluminiumoxidgehalte meist weit unter einem halben Prozent und auch die Gehalte an Titanoxid sind hier gering (vgl. die aufgeführten Analysen). Diese Gangquarze zeigen auch beim Wärmetest ein gutes Ofenverhalten. Hierher gehört der z. T. abgebaute, N 38° O streichende, mit 80–88° gegen NW einfallende 5,8 bis 8,6 m mächtige Quarzgang von Tragenreuth sowie der ebenfalls NNO-streichende, 10–15 m mächtige Quarzgang von Aimühl-Weißenberg-Strahberg.

Quarz von den vorstehend aufgeführten Gewinnungsstellen wird zu Ferrosilicium, zu Calciumsilicium und Calcium-Silicium-Mehrstofflegierungen (mit Gehalten an Al, Ba, Ce, Mg, Mn, Ti, Zr), zu Silicomangan, Silicochrom sowie zu Silicium-Metall verarbeitet.

	Zuckenried	Tragenreuth	Weißenberg	Frath
Fe_2O_3	0,02	0,5	0,05	0,52
Al_2O_3	0,08	0,13	0,07	0,07
CaO	0,01	0,01	0,02	0,05
TiO_2	0,001	0,005	0,007	0,001
K_2O	0,01	0,08	0,01	0,001

Diese Legierungen werden zum Desoxidieren, Legieren und Entschwefeln von Stahl sowie zum Modifizieren seiner Einschlüsse und zur Beeinflussung seiner Gußstruktur aber auch als Impflegierung für Gußeisen benötigt und verwendet.

V o r k o m m e n : Die Quarzpfähle sind vor allem am Südwestrand des Böhmischen Massivs verbreitet.

Hierher gehören: Der Bayerische Pfahl, der Halser Pfahl, die südöstliche Fortsetzung des Böhmischen Pfahls bei Furth im Wald, die nordwestliche Fortsetzung des Ascher Pfahls in Bayern.

Der Kleineinzenrieder Pfahl, südlich Rötz, und der Kleine oder Zeller Pfahl, nordwestlich von Bodenmais, belegen die Rundinger Störungszone.

Charakteristisch für die Pfähle ist ihre erhebliche Längserstreckung die bis über 100 km (Bayerischer Pfahl 140 km) betragen kann und ihre Bindung an mehrphasig tektonisch durchbewegte Störungszonen. Die meisten von ihnen verlaufen in SO-NW-Richtung. Zwischen ihrer Mineralisation und den großen, bis zu zwei und drei Kilometer breiten Störungszonen, in denen sie auftreten, bestehen enge räumliche und stoffliche Beziehungen. Im Bayerischen Pfahl erfüllen die Quarzmassen Fiederspalten.

Der Quarz der Nebenpfähle steht bei Ritzing an der Gaißa, bei Kothrettenbach, Dietersdorf, Harrling, Stallwang und Haberbühl für die Gewinnung von Quarzkies gelegentlich in Abbau.

Auf dem Böhmischen Pfahl wird im Dörfl-Holz, nordöstlich Sengenbühl, bedarfsweise Quarzkies gewonnen.

Stand 2000

Vulkanite

Diabas (170)

(ALBERT DOBNER)

Diabase in verschiedener Ausbildung sind zu einem nicht unwesentlichen Teil am Aufbau des Frankenwaldes und der Umrandung der Münchberger Gneismasse beteiligt. Als Zeugen eines altpaläozoischen Vulkanismus folgen diese Gesteine häufig großtektonischen Linien und erreichen örtlich Mächtigkeiten bis über 1000 m. Von wirtschaftlichem Interesse sind in erster Linie die fein- bis mittelkörnigen dichten Diabase.

Gesteinsausbildung und Eigenschaften: Als überwiegend untermeerische vulkanische Ergüsse bilden diese Gesteine eine Abfolge unterschiedlich mächtiger und petrographisch differenzierter Lagen. Im allgemeinen bewegt sich die Mächtigkeit der einzelnen Lagen im Meterbereich (aber auch bis 100 m). Als Charakteristikum treten kugelig-elipsoidische Absonderungen (Pillow-Struktur) hervor. Der Kern dieser Struktur weist dichtes Gefüge auf, die Randzone ist von Blasenräumen (Entgasungsblasen) erfüllt. Diese Hohlräume sind nachträglich mit Kalzit gefüllt. Sie geben dieser Gesteinsart den Namen Diabasmandelstein. Sind diese Füllungen durch Verwitterung wieder herausgelöst, verleihen sie dem Gestein ein löcheriges Aussehen. Bei mächtigeren Diabasströmen ist die Pillowstruktur nur auf den oberen Bereich beschränkt. Neben linsenartigen und bankähnlichen Strukturen bis hin zu mächtigen Deckenergüssen, die durch das Ausfließen von Lava bedingt sind, wurden bei mehr explosionsartiger Tätigkeit Bomben und kleine Gesteinsbruchstücke ausgeworfen und dann zu Diabastuffen und Diabastuffbreccien verfestigt.

Die Farbe der Diabase ist grau bis graugrün, wobei die Gesteine häufig von weißen bis rötlichen Kalzitadern durchzogen sind. Das Mineralgerüst wird aus eng vernetzten Feldspatlamellen (meist Plagioklas, untergeordnet Albit) aufgebaut, zwischen denen Chlorit, Sericit, Epidot, Kalzit, Apatit und Erz, vor allem aber Augit und Pyroxen als Einsprenglinge zu beobachten sind. Quarz kommt im Mineralgerüst relativ selten vor und bildet kaum Kluft- und Hohlraumfüllungen, dagegen können Titanmineralien bis zu einem Drittel am Gesteinsaufbau beteiligt sein. Glasige Substanz und Pyroxene sind meist in Chlorit umgewandelt und verleihen so dem Gestein die grünliche Farbe. Die in ihrer mineralogischen Zusammensetzung sehr unterschiedlichen Gesteine zeigen demnach auch im Chemismus ein weites Spektrum. Als Beispiel sei hier nur der Schwankungsbereich der Hauptbestandteile von 10 mineralogisch unterschiedlichen Diabasgesteinen aufgeführt (Gew.-%):

SiO_2:33–51%; Al_2O_3:9–22%; Fe_2O_3:5–20%; FeO:0,6–11%;
MgO:1–13%; CaO:3–11%; Na_2O:0,3–5%; TiO_2: bis 5%.

Je nach Abkühlungsgeschwindigkeit des flüssigen Gesteins entstanden feinkörnige (Plagioklaslamellen 0,2–0,4 mm) oder mittelkörnige (Lamellen um 1 mm) Varietäten. Grobkörnige Diabase konnten sich an der Erdoberfläche nicht ausbilden, sie treten in der Regel als Lagergänge oder innerhalb mächtiger Lavaströme auf.

Die netzartige Verwachsung der Feldspatminerale verursacht eine hohe Zähigkeit des Gesteinsmaterials. Diabase zählen daher zu den mechanisch widerstandsfähigsten Rohstoffen für Beton und im Straßen- und Gleisbau. Bei einer Rohdichte von 2,70–2,95 g/cm^3 erreicht die Druckfestigkeit 250–320 N/mm^2. Sehr dichte Diabase bringen Schlagzertrümmerungswerte von Splitt $SZ_{8/12}$ bis 10 (Gew.-%), im allgemeinen liegen diese Werte zwischen 11 und 17 (Gew.-%). Die Widerstandsfähigkeit des Schotters gegen Schlag schwankt in der Regel zwischen SD 10 = 14–16 (Gew.-%).

Diabasmandelsteine erfahren durch die mit Kalzit gefüllten „Mandeln" im unverwitterten Zustand keine Einbußen in ihren technischen Eigenschaften. Wittern die karbonatischen Hohlraumfüllungen heraus, kann durch eine Chloritisierung der Feldspäte, die von den Poren ausgeht, eine geringe Festigkeitsabnahme erfolgen. Besonders intensiv ist die Chloritisierung in tektonisch beanspruchten Zonen.

Bei Tuffiten und Breccien sind die Gesteinsbestandteile durch Chlorit und Kalzit verfestigt, wodurch auch hier die mechanischen Eigenschaften negativ beeinflußt werden und derartige Gesteine für bestimmte Zwecke unbrauchbar werden.

G e w i n n u n g u n d V e r w e n d u n g: Die komplexe Struktur der Diabaslager bereitet beim Abbau oft Schwierigkeiten. Nicht nur der Übergang von dichtem zu porösem und brecciösem Gestein auf kurze Entfernung sondern auch die Zwischenschaltung von unbrauchbaren Schiefern und Kalken beeinträchtigen häufig die Qualität der Lagerstätte. Dazu kommt die starke tektonische Durchbewegung des Gebirges, die viele Lagerstätten in Schuppen und Linsen zerteilt oder die abbaufähigen Schichten stark versetzt. Diese Verhältnisse erfordern vor Abbau eine sorgfältige Prospektion, die durch Bohrungen ergänzt werden sollte.

Derzeit stehen über ein Dutzend Diabasbrüche in Abbau. Diese liegen bei Escherlich, Bad Berneck, Kupferberg, Stadtsteinach, Rugendorf, Schwarzenbach a. W., Marxgrün, Hadermansgrün, Berg, Selbitz, Köditz, Feilitzsch, Hof, Tauperlitz und Ludwigstadt. Entsprechend den technischen Eigenschaften werden Diabase zu Schotter, Splitt, Edelsplitt und Brechsand verarbeitet und im Straßen- und Gleisbau eingesetzt.

Quarzfreie und homogene Diabase sind als Rohstoff für Steinwolle gesucht. Sie haben durch den höheren Anteil an Sekundärmineralien gegenüber dem Basalt einen etwas niedrigeren Schmelzpunkt und ergeben eine hellere Farbe des Fertigproduktes, die gegenüber der dunklen aus Basalt hergestellten Steinwolle bevorzugt wird.

V o r k o m m e n: Als Umrandung der Münchberger Gneismasse liegen die südlichsten Vorkommen bei Goldkronach und die etwas nördlich davon abgesetzten bei Bad Berneck, auf die ein reger Abbau umgeht. Weiter im Nordwesten setzen Diabase wieder an der Fränkischen Linie bei Ludwigschorgast ein und streichen in einem Zug nach Norden über Guttenberg und Grafengehaig, um dann entlang des Schwarzmühlbachtales nach Nordosten umzubiegen. Ausläufer dieses Zuges finden sich bis über Enchenreuth hinaus. Auch die

Vorkommen von Elbersreuth sind dazuzurechnen. Zur selben großtektonischen Struktur gehören wahrscheinlich die Diabase, die sich von Selbitz über Joditz bis in den Raum Töpen erstrecken. Die Gebiete, die sich südöstlich davon bis Hof und nach Osten bis an die DDR-Grenze erstrecken, werden überwiegend von Diabastuffen eingenommen, in denen aber noch eine Vielzahl kleinerer Diabaslager stecken. Von den größeren sind die bei Feilitzsch, Hof, Haidt und Gumpertsreuth zu nennen, das größte von ihnen liegt um Neutauperlitz.

Im nördlichen und östlichen Frankenwald beschränken sich ausgedehntere Diabasvorkommen auf den Raum um Stadtsteinach und auf das Gebiet Issigau – Bad Steben – Langenbach – Steinbach bei Geroldsgrün – Dürrenwaid. Erwähnenswerte kleinere Diabasstöcke und -züge finden sich noch bei Bernstein a. W. und Ludwigstadt.

Stand 2000

Quarzporphyr (171)

(WINFRIED WEINELT)

Quarzporphyre durchbrechen in Form von Stöcken und Gängen die Gneise und Glimmerschiefer im Vorspessart (Hart-Koppe bei Ober-Sailauf) und den Granit im Fichtelgebirge. Infolge ihrer Härte heben sie sich aus dem übrigen Gelände als Kuppen heraus (Nachtberg bei Kaiserhammer) und treten auch morphologisch in Felsen zu Tage (Wendenhammer).

Gesteinsausbildung und Eigenschaften: Ober-Sailauf; porphyrisches Gefüge: in einer dichtkörnigen Grundmasse liegen zahlreiche Einsprenglinge, unter denen fettiggrauer Hochquarz in 0,5–1,0, max. 1,5 mm großen Kriställchen hervortritt. Kalifeldspat und Plagioklas in Form von leistenförmigen oder gedrungenen, 1–2, max. 5 mm großen Kristallen sind weniger deutlich. Zurücktretend bildet Biotit dunkelbraune, 1–2 mm große Einsprenglinge.

Mineralbestand: Plagioklas 5%, Kalifeldspat 7%, Quarz 8%, Biotit 1%, Grundmasse 79%.

Technische Gesteinsdaten

Rohwichte	2,58–2,61 cN/cm^3
Reinwichte	2,65 cN/cm^3
Druckfestigkeit	252–297 N/mm^2
wahre Porosität	0,6%
Wasseraufnahme	0,6 Gew.-%

Gewinnung und Verwendung: Der Abbau des Quarzporphyrs an der Hart-Koppe wird durch seine klein-prismatische Absonderung begünstigt, die durch zwei senkrecht aufeinanderstehende Scharen relativ eng gestellter Klüfte hervorgerufen wird. Diese sind im wesentlichen als Kontraktionsfugen bei der

Abkühlung, Auskristallisation und Erstarrung des paläovulkanischen Körpers aufgerissen und laufen teils parallel zur Aufstiegsspalte, der Hauptabkühlungsfläche (Streichen 120–140°, Einfallen 70–80° SW), teils ungefähr senkrecht dazu.

Für die Gewinnung des Gesteins ist ferner seine säulig-plattige Absonderung, seine geringe Bedeckung durch periglazialen Wanderschutt sowie seine große Resistenz gegen Witterungseinflüsse sehr förderlich.

Es wird zu Packlagenmaterial und Splitt unterschiedlicher Körnung verarbeitet. Seine Schlagfestigkeit liegt weit über dem Durchschnitt der heute im Straßenbau verwendeten Natursteinsplitte und ist der des Linzer Normenbasaltes vergleichbar. Seine Haftfestigkeit gegenüber bituminösen Bindemitteln entspricht den Forderungen der DIN. Es findet als Straßenbaumaterial für den Straßen-Unterbau, als Schotterkleinschlag sowie als Baumaterial für Grundmauern und Bacheinfassungen Verwendung.

V o r k o m m e n: Das weitaus bedeutendste Vorkommen liegt im S p e s s a r t, an der Hart-Koppe von Ober-Sailauf und erscheint durch die Alluvionen des Oberstein-Baches geteilt. Ein weiteres Vorkommen findet sich 500 m nordöstlich von hier am Reh-Berg oder Steingeröll, dem südlichen Querberg. Dieses erscheint durch einen Zubringer des Oberstein-Baches geteilt. Zwei kleinere Durchbrüche, auf denen bereits früher Abbauversuche für den örtlichen Bedarf stattfanden, liegen im „Busch" und „Unstert", nordwestlich von hier gegen Eichenberg.

Im F i c h t e l g e b i r g e sind die Vorkommen an den Granitzug zwischen Bernstein und Selb gebunden. Sie durchbrechen aber auch den Gneis und Glimmerschiefer zwischen Spielberg und Schönwald. Das Gestein ist früher in dem Steinbruch am Pfaffen-Berg bei Schönwald gebrochen und da es durch Klüfte stark zerstückelt war, nur für den Wegebau verwendet worden. Ein Quarzporphyrschwarm durchzieht in steilherzynischer Richtung (SSO-NNW) mit 160–170° Streichen und seigerem Einfallen das Massiv des porphyrischen Granits von Weißenstadt – Marktleuthen im Raum Wendenhammer, Kaiserhammer, Höchstädt und Stemmasgrün. Der Magnesium- und Kieselsäuregehalt der Speckstein-Lagerstätte Göpfersgrün entstammt diesem Quarzporphyrmagma.

Weitere Vorkommen finden sich im Unter-Rotliegenden von Stockheim, Brauersdorf und Reitsch. Hier handelt es sich um einen kleineren Porphyritdurchbruch nordwestlich von Stockheim, um Porphyrit-Tuffbreccien und Konglomerate bei Brauersdorf und Reitsch.

Ferner sind die Quarzporphyrvorkommen nördlich Kulmmain, nordwestlich Erbendorf und ostnordöstlich Weiden zu nennen.

Östlich Weiden liegt eine Gruppe von P o r p h y r durchbrüchen zwischen Tröglersricht, Theisseil und Letzau. Es handelt sich zum Teil um gang-, zum Teil um stockförmige Durchbrüche im Gneis. Kleinere Vorkommen finden sich bei Edeldorf, östlich und südöstlich Letzau, östlich Matzlesrieth, südlich Muglhof und östlich Floß.

Das grau gefärbte Gestein von Theisseil führt in einer mikrogranitischen Grundmasse bis zu 2 cm große Kalifeldspat-Einsprenglinge. Bei dem rötlich

gefärbten Gestein von Tröglersricht und Muglhof handelt es sich um Felsitporphyre mit dichter Grundmasse und zurücktretenden Einsprenglingen.

Technische Gesteinsdaten

	Felsitporphyr
Rohdichte	2,61 g/cm^3
Druckfestigkeit	170 N/mm^2
Wasseraufnahme	1,75 Gew.-%
Abnutzung durch Sandstrahl	0,15 cm^3/cm^2

Der Weidener Porphyr wird im Almesbach-Tal – beiderseits der Straße nach Vohenstrauß, bei Tröglersricht und Theisseil (in einem 30 m tiefen Steinbruch) gewonnen. Er gilt als witterungsbeständig und wird als Grundmauerstein (z. B. Gymnasium in Weiden), als Rollierstein und Schotter verwendet.

Die Vorkommen der Kuppen bei Lenau (Quarzkeratophyr) und Aign-Unterwappenöst (Quarzkeratophyr, Quarzporphyrit) nördlich und nordöstlich von Kulmain, sowie der Quarzporphyrit des mehrgipfeligen Korn-Berges bei Erbendorf werden derzeit nicht genutzt.

Im Regensburger Wald bilden die Porphyre (Pinit- oder Regenporphyre), N-S-, seltener SW-NO-streichende, maximal 2,5 bis 3 km lange und 16 bis 50 m mächtige Gänge, die in Gangschwärmen aufsetzen und sich zum Teil aus dem südwestlichen Teil des Regensburger Waldes, nach Unterbrechung in der Bodenwöhrer Bucht, durch das Gebiet um Pfreimd – Trausnitz bis östlich von Weiden verfolgen lassen.

Nach ihrer chemischen Zusammensetzung gehören sie zum Teil zu den Granitporphyren, zum Teil nehmen sie eine Mittelstellung zwischen den Granit- und Quarzporphyren ein. Bezogen auf die Einsprenglingskristalle kann man grob-, mittel- bis feinkörnige, bezüglich der Grundmasse fein- bis mikrogranitische Gesteinstypen unterscheiden. Parallel zu den Gangwänden verlaufen plattige, zur Tiefe konvergierende Absonderungsklüfte. Porphyre mit infolge tektonischer Durchbewegung gestriemter bis geschieferter Textur zerbrechen im Bereich der Feldspateinsprenglinge zu rhomben- bis keilförmigen Stücken. Stärker verwitterte Porphyre zerfallen an einer Vielzahl von Klüften in parallelepipedische Stücke.

Hauptgemengteile des Mineralbestandes bilden in einer ersten Generation als Einsprenglinge und in einer zweiten Generation als Grundmasse: Biotit, Pinit, Plagioklas, Orthoklas und Quarz.

In dem großen Steinbruch, westlich von Karlstein, erreicht der Porphyr eine Mächtigkeit von 50 m, in dem Steinbruch an der Straße von Fischbach nach Glashütte wird er 16 m mächtig. In den beiden nebeneinander liegenden Steinbrüchen von Karlstein wurde der Porphyr abgebaut. Das frische Gestein ist hart und zähe, bricht meist in Platten, seltener in Blöcken und läßt sich auch in Würfeln schlagen.

Basalt (172)

(ALBERT DOBNER)

Basalte sind dunkle, meist schwarze, z. T. auch graue kompakte Ergußgesteine. Ihre Entstehung verdanken diese Gesteine in Bayern einem ausgeprägten Vulkanismus während der Tertiärzeit. In vielen hundert Spalten und Schloten trat die basaltische Gesteinsschmelze an die Oberfläche und erstarrte in mächtigen Deckenergüssen. Unter der Oberfläche erstarrte die Schmelze in den Schloten, Spalten und Lagergängen, wovon die größeren Schlote als Erosionsreste morphologisch als Kuppen (Kuppenrhön) und Einzelberge (z. B. Rauher Kulm) hervortreten. Wirtschaftlich nutzbare Basalte sind ausschließlich in Nordbayern verbreitet. Neben den Rhönbasalten sind noch die Vorkommen in Oberfranken und der Oberpfalz von wirtschaftlicher Bedeutung. Im Spessart und bayerischen Odenwald gibt es kleinere Vorkommen.

Gesteinsausbildung und Eigenschaften: Der Basalt ist allgemein gekennzeichnet durch seine feinkörnige dichte Struktur, die häufig auch porphyrisch ausgebildet ist. Die Hauptgemengteile sind Plagioklas (Kalk-Natron-Feldspat) und Nephelin (Feldspatvertreter) bzw. Leuzit oder Melilith, dazu kommen Augit und Magnetit. Von besonderer Bedeutung ist der Gehalt an Olivin (Eisen-Magnesium-Silikat). Dieses Mineral tritt in vielen Basalten von mikrokristallinen Einsprenglingen bis zu dm-großen Knollen auf und hebt sich durch die grüne Farbe hervor. Alle Minerale sind netzartig miteinander verwachsen und das Gefüge zeigt im allgemeinen kaum Strukturen.

Basalt als relativ SiO_2-armes Gestein läßt sich an Hand der mineralogischen Zusammensetzung in viele Gruppen einteilen, zwischen denen alle Übergänge auftreten. Die nach Mineralparagenesen unterschiedlichen Bezeichnungen besitzen hauptsächlich wissenschaftlichen Charakter. Bezogen auf den mehr praktischen Verwendungszweck sind zwei große Gruppen zu unterscheiden. Auf der einen Seite stehen die Feldspatbasalte, deren Grundmasse überwiegend aus Plagioklas besteht, ihnen gegenüber stehen die Gesteine mit überwiegend Feldspatvertretern, von denen der Nephelin am häufigsten vorkommt. Zwischen Feldspatbasalt und Nephelinit (Nephelinbasalt) existiert eine kontinuierliche Mischreihe. In dieser Reihe können alle Gesteine mit einem größeren Olivingehalt auftreten (Olivinbasalt bis Olivinnephelinit).

Die Werte der chemischen Analyse der beiden Hauptvertreter schwanken etwa innerhalb folgender Bereiche (Gew.-%):

Feldspatbasalt
SiO_2:41–59%; Al_2O_3:10–23%; Fe_2O_3:1–13%; FeO:3,5–15%;
CaO:7–14%; MgO:3,5–11%; K_2O:0–2%; Na_2O:0,5–4%; H_2O:0–2,5%.

Nephelinbasalt
SiO_2:39–45%; Al_2O_3:8–17%; Fe_2O_3:4–14%; FeO:0–11%;
CaO:10–13%; MgO:5–14%; K_2O:1–4%; Na_2O:2–7%; H_2O:0:4%.

Das Auftreten der Basalte ist häufig geprägt durch die säulige, in der Regel 4–7 seitige, Absonderung. Die Säulen können bis 1 m Durchmesser und 15 m Länge

erreichen und stehen senkrecht auf der Abkühlungsfläche. Unregelmäßige Säulenanordnung läßt auf örtliche Erkaltungszentren in der Schmelzmasse schließen. Innerhalb der Vorkommen, seien es Stöcke, Trichter, Gänge oder Decken, wechseln die Gesteine nicht nur in ihrer mineralogischen Zusammensetzung, sondern auch in ihrer Ausbildung. Es verzahnen sich Tufflagen, Schlotbrecccien und Nebengesteinströmer mit dichtem Basaltgestein. Dies ist bei der Anlage von Brüchen besonders zu berücksichtigen.

Durch die Verschränkung und Verzahnung der Minerale erhält Basalt seine hohe Zähigkeit und seine enorme Druckfestigkeit. Die vorliegenden Druckfestigkeitswerte schwanken zwischen 140 N/mm^2 bis über 450 N/mm^2, wobei Werte zwischen 220 und 350 N/mm^2 am häufigsten vertreten sind. Dadurch übertreffen die Basalte in der Regel die für Gleisschotter geforderte Druckfestigkeit von 180 N/mm^2 (Technische Lieferbedingung für Gleisschotter der DB, TL 91861). Soweit sich die vorhandenen Daten auf den Mineralbestand beziehen lassen, liegen die stark Olivin führenden Gesteine im unteren, die Feldspatbasalte mehr im oberen Bereich der Werteskala. Neben mineralogischem Aufbau und der Körnigkeit ist die Porosität von Bedeutung. In diesem Zusammenhang ist die Wasseraufnahme W_a (unter Athmosphärendruck) ein Maß für die Frostsicherheit. Nach vorliegenden Daten schwanken die Werte zwischen $W_a = 0{,}01$ und $W_a = 1{,}6$ Gew.-% (DIN 52103), der mittlere Häufigkeitsbereich bewegt sich zwischen 0,2 und 0,4 Gew.-%. Die Rohdichte beträgt gewöhnlich 3,00–3,10 g/cm^3, kann aber bereichsweise auf Werte um 2,90 g/cm^3 absinken.

Von den für die Schotter- und Splittgewinnung wichtigen und überwiegend gesteinsabhängigen Daten seien genannt:

Widerstand gegen Schlag

Splitt	(8/12 mm)	$SZ_{8/12} = 11–19$ (Gew.-%)
Schotter	(35/45 mm)	SD 10 = 14–16 (Gew.-%)

Abhängigkeiten dieser Werte vom mineralogischen Bestand konnten an Hand der wenigen vorhandenen Messungen nicht gefunden werden.

Allerdings kommen bei hohem Olivingehalt auch Werte von SD 10 > 20 (Gew.-%) vor. Nach den Anforderungen der technischen Lieferbedingungen für Gleisschotter TL 91861 (1980) der DB soll der S-Wert (Technische Prüfbedingungen für die Prüfung von Gleisschottern) mindestens 60 betragen. Danach liegen die Nephelinbasalte bei S = 80–96 (Mittel 86) und Feldspatbasalte bei S = 87–98 (Mittel 94). Der prozentuale Anteil an Vorabsiebungsmaterial schwankt zwischen 10–40%.

In ihrer Verwitterungsbeständigkeit unterscheiden sich die Basalte nach ihrem Mineralbestand. Allgemein sind die nephelin- und olivinreichen Gesteine weniger verwitterungsresistent als die Feldspatbasalte, deren Plagioklasgehalt nur eine geringe Anfälligkeit gegen die Wirkung von Athmosphärilien beobachten läßt. Als verwitterungsanfällig gelten auch Basalte mit höherem Anteil an glasiger Substanz, besonders wenn sie Na-reich ist. Hinsichtlich der strukturellen Ausbildung haben sich vor allem die porenfreien und gleichmäßig mikrokristallinen Varietäten als qualitätsmäßig gut erwiesen. Ein für die Beurteilung einer Lagerstätte wichtiger

Faktor ist das Auftreten von sog. „Sonnenbrennern". Darunter versteht man das Erscheinen von kleinen hellen Flecken am Gestein wenn es an die Luft kommt. Diese Flecken nehmen an Größe sehr schnell zu und bewirken ein scheibenförmiges Ablösen, meist aber einen vollkommenen Zerfall des Gesteins. Nach derzeitigem Kenntnisstand handelt es sich dabei um das Auftreten von feinverteiltem Analzim, dessen Umwandlung an der Luft den grusigen Zerfall bedingt. Sonnenbrenner sind häufig vergesellschaftet mit Nephelinbasalten.

G e w i n n u n g u n d V e r w e n d u n g: Neben der physikalischen Eigenschaft, die dem Gestein gute Qualitätsmerkmale als gebrochene Straßen- und Gleisbaustoffe (Schotter und Splitt) sowie Betonzuschlag verleihen, werden auch die chemischen Eigenschaften genutzt. So wird Basaltmehl hauptsächlich in der „alternativen Landwirtschaft" als Mineraldünger eingesetzt

Über die Verwendbarkeit als Schmelzbasalt liegen keine konkreten Untersuchungen vor. Aufgrund der geforderten chemischen Zusammensetzung (ca. 45–48% SiO_2, ca. 14–16% Al_2O_3, ca. 12–14 Fe_2O_3 und FeO, ca. 10–12% CaO, ca. 8% MgO, ca. 6% K_2O und Na_2O, ca. 2% TiO_2) und bei entsprechender Reinheit und mikrokristalliner Ausbildung könnten einzelne Vorkommen die Anforderungen erfüllen. Schmelzbasalt ist ein bei 1250° C zu feinstkristallinem Basalt umgeschmolzenes Material (kein Glas!), das in Form von Platten und Röhren als Verschleißschutz in den Handel kommt.

Zur Herstellung von Steinwolle werden Basalte in Bayern nicht verwendet, da sie eine unansehnliche graue Farbe des Fertigproduktes ergeben und einen etwas höheren Schmelzpunkt als Diabas haben.

Die Verwendung der Basaltsäulen für Deichbauten und die Herstellung von Pflastersteinen spielen heute keine Rolle mehr, lediglich ein sehr geringer Teil wird als Wasserbaustein eingesetzt. Pflaster aus Basaltstein hat den Nachteil, daß es nach einer gewissen Zeit durch Abrieb sehr glatt wird.

In Abbau stehen Basalte bei Bischofsheim v. d. Rhön, Fladungen, Stangenroth, am Zeilberg bei Maroldsweisach, am Teichelberg bei Pechbrunn, am Hirschentanz bei Konnersreuth, bei Wiesau und Zinst.

V o r k o m m e n: Das Hauptverbreitungsgebiet der Basalte liegt in der Rhön. Während im Norden zwischen Bischofsheim und Fladungen noch zusammenhängende Basaltdecken („Lange Rhön") verbreitet sind, fielen diese südwestlich Bischofsheim bereits der Abtragung zum Opfer. Etwa zwischen Hammelburg und Bischofsheim verleihen über 30 Basaltschlote als Härtlinge in Form kegelförmiger Aufragungen der Landschaft ihr charakteristisches Bild („Kuppenrhön").

Ein weiteres wichtiges Verbreitungsgebiet liegt im Norden der Oberpfalz, das noch etwas nach Oberfranken hineinreicht. Hier sind die vulkanischen Gesteine an tertiäre Senkungsfelder gebunden, die als eine Verlängerung des Egergrabens zu deuten sind. Größere flächenhafte Verbreitung, die sich über mehrere Quadratkilometer erstreckt, findet man nur untergeordnet. Die größten geschlossenen Vorkommen liegen zwischen Marktredwitz und Mitterteich. Meist sind jedoch nur noch die Schlotfüllungen erhalten (z. B. Rauher Kulm, Basaltkegel in Parkstein).

Von der „Heldburger Gangschar", die sich etwa von Hofheim bis nach Thüringen erstreckt erreichen nur der Bramberg und der Zeilberg bei Maroldsweisach größere Ausdehnung.

Stand 2000

Phonolith (173)

(WINFRIED WEINELT)

Das einzige Phonolith-Vorkommen in Bayern durchbricht auf zum Spessart-Randbruch parallel, N-S-verlaufenden Nebenverwerfungen die Staurolithgneis-Serie des westlichen kristallinen Vorspessarts.

Gesteinsausbildung und Eigenschaften: Der hellgraue bis dunkelgrüngraue trachytoide Phonolith ist hart und dicht und besitzt splitterigen Bruch. Zum Teil sondert er an einer enggescharten N 84° O streichenden und mit 85° in SSO einfallenden Klüftung in 2–4 cm starken Platten und bis zu 10 cm mächtigen Bänkchen ab.

In verwitterten Partien erscheint er hellgrau, gelblich- bis bräunlichgrau oder weißlich und sandet ab.

Zum Teil liegt er in einer tektonisch zerrütteten, kataklastischen, partienweise zartrosa montmorillonitisierten Schlotbreccie vor, zum Teil bildet er kugelig-sphäroidale Verwitterungsformen.

Das Gestein besitzt eine holokristalline-porphyrische Struktur mit einer trachytisch-fluidalen Grundmasse aus überwiegend 0,25 mm langen Sanidinleistchen, Ägirin und Erz, in der nach der Häufigkeit geordnet Sanidin (0,4, 1–2, max. 4 mm ∅), Hauyn (0,15–0,4 mm ∅), Ägirinaugit (mit Randzonen von Ägirin) (0,4–0,5 mm ∅), Ägirin (0,15–0,25 mm ∅), Apatit, Erz und Titanit Einsprenglinge bilden. Neben einer glasigen Mesostasis finden sich Nephelin und Nosean im Intergranularraum. Daneben vereinzelte Oxyhornblenden und titanreicher Kärsutit.

Technische Gesteinsdaten

Rohdichte	2,53–2,54 g/cm^3
Druckfestigkeit	282–302 N/mm^2
Abnutzung nach Gewicht	7,9 g

Gewinnung und Verwendung: Das Gestein, das heute nur noch bedarfsweise gebrochen wird, diente der Gewinnung von Straßenschotter.

Vorkommen: Zwei Steinbrüche an der Althohburg, im ersten, nördlichen Seitental der Rückersbacher Schlucht, nordöstlich Kleinostheim.

Stand 2000

Metamorphite

(WINFRIED WEINELT)

Metamorphe Gesteine oder Metamorphite sind Produkte der Gesteinsmetamorphose. Unter Gesteinsmetamorphose versteht man Gesteinsumwandlungen durch Umkristallisation unter Wärmezufuhr und/oder Verformung (Deformation). Sie vollzieht sich fast stets unter Beibehaltung des festen Zustandes. Dabei können magmatische, sedimentäre oder (bereits) metamorphe Gesteine einer Gesteinsmetamorphose unterliegen. Kann man bei einem metamorphen Gestein mehrere verschiedene Metamorphoseakte nachweisen, so liegt eine Polymetamorphose vor. Es gehören nur diejenigen Umwandlungsvorgänge zur Metamorphose, die in einer gewissen Tiefe unterhalb der Erdoberfläche stattfinden. Kommt es bei hochgradiger Metamorphose zur beginnenden Aussonderung von Schmelze im metamorphen Gestein, so ist die Ultrametamorphose erreicht, das Grenzgebiet der Entstehung von Magmen.

Serpentinit (200)

Serpentinite, metamorphe Abkömmlinge von Peridotiten mit dunitischem bis pyroxenitischem Chemismus (Peridotit-Dunit, Wehrlit, Diallagit) und Übergängen in Gabbros sind in der Münchberger Gneismasse an zwei, vielfach unterbrochene Züge gebunden, die das Gneismassiv im NW und SO begleiten.

Der nördliche Zug läßt sich von Marienweiher, Hermes, Schallerhof, Dörnhof, Kupferberg (Peterleinstein) im Süden, über Weidmes, Großrehmühle, Kleinrehmühle, Erb, Bärenbrunn, Helmbrechts, Schauenstein, Leupoldsgrün bis Epplas verfolgen.

Den Südostrand der Gneismasse begleiten in der Prasinit-Phyllit-Serie die Vorkommen von Hohenknoden, Zell, Götzmannsgrün, Sparneck, Förbau, Schwarzenbach a. d. Saale, Schwingen, Tännig und Wurlitz. Die Serpentinite sitzen hier überwiegend als tektonische Scherkörper auf parallel zum Gneismassenrand verlaufenden Störungen.

Einem mittleren Zug von Serpentinitlinsen gehören die Vorkommen von Wasserknoden, Steinbach, Weickenreuth, Falls, Stammbach, Münchberg, Kornradsreuth an.

Im Bernecker Gneiskeil liegt das Vorkommen von Röhrenhof.

An die Prasinit-Phyllit-Serie im Westen der Gneismasse und ihre Ostgrenze gegen die Serie der Randamphibolite sind zum Teil vertalkte Serpentinitkörper (z. B. westlich Unterpöllitz, Margarethenstollen im Schorgasttal, Lindenberg südwestlich Osserich, nordwestlich Osserich, zwischen Adlerhütte im Kosertal und Neufang) gebunden.

In der Erbendorfer Grünschieferzone nimmt Serpentinit ein durch Aufschiebungs-, Verschuppungs- und Bruchtektonik in einzelne Schollen gegliedertes Gebiet zwischen Grötschenreuth, Plärn, Thumsenreuth und Waffenhammer ein, das bereits floristisch an seinem etwas sterileren Charakter erkennbar ist. Serpentinite treten hier in dem eingeschnittenen Tal der Fichtelnaab, besonders aber in der hügeligen Region am Föhrenbühl, Kronberg und auf der Schweißlohe zutage. Im Kontaktbereich des Steinwaldgranits sind diese Gesteine zu Fleckenserpentiniten, Serpentinit-Hornfelsen, Enstatit-Olivin-Hornfelsen und Olivin-Hornfelsen weiterentwickelt.

Weitere Serpentiniteinschaltungen beginnen mit einem isolierten Vorkommen in der Gemarkung Hochholz bei Bärnau und setzen sich über einen Linsenzug nördlich und nordwestlich Wildenau und einen weiteren nördlich und östlich der Ortschaft Floß, bis in das Gebiet um den Leuchtenberger Granit fort. Sie sind mit Amphiboliten vergesellschaftet. Ein weiteres Vorkommen findet sich bei Feistelberg.

Serpentinit-Hornfelse am Kramerhübl, nordwestlich Wildenau sowie bei St. Nikolaus, nördlich, und am Haarhügel, östlich Floß, stehen mit dem Flossenbürger Granit im Kontakt.

Mit Gabbros, Flasergabbros und Amphiboliten verknüpfte Serpentinitkörper sind auch aus dem Raum Kaimling bekannt. Diese Ultrabasite sind in unmittelbarer Nähe des Leuchtenberger Granits oder im Bereich achsialer Aufwölbungen desselben auch zu Serpentinit-Hornfelsen weiterentwickelt worden.

Im Raum Eslarn und Schönsee deuten wenig bewachsene Kuppen ebenfalls auf Serpentinitkörper hin.

Im Raum Oberviechtach treten mit Amphiboliten und Eklogitamphiboliten vergesellschaftete Serpentinite als schmale Züge und Linsen im Gneis am Galgenberg, südlich Winklarn, am Kalvarienberg und beim Bildstöckl, westlich Winklarn, am Haarbühl, südöstlich Voggendorf, und von hier in kleinen Kuppen westlich der Murach gegen Niedermurach hin sowie nördlich der St. Walburga-Kapelle, östlich Niedermurach, nördlich von Fuchsberg, auf der Höhe P 519, ostsüdöstlich von Denglarn bei P 529 und südwestlich von Raggau, bei P 448, auf. Auch diese Vorkommen geben sich zum Teil durch die Bewuchsarmut des Geländes zu erkennen. Zwei isolierte Vorkommen sind von Schönthal bei Rötz und von Ried bei Cham zu nennen.

Gesteinsausbildung und Eigenschaften:

Münchberger Gneismasse: Dichtes, hell- oder dunkelschwarzgrünes Gestein mit Härte 3 bis 4, großer Zähigkeit und schwerer Verwitterbarkeit.

Varietäten: Fester, blaugrüner Hartserpentinit (Haidberg bei Zell, Wojaleite bei Wurlitz), der sich durch Zähigkeit, Frost- und Wetterbeständigkeit auszeichnet.

Technische Gesteinsdaten

	Wurlitz
Rohdichte	2,67–2,72 g/cm³
Mittlere Druckfestigkeit	309–344 N/mm² (Hartserpentinit) 135–147 N/mm² (Schalenserpentinit, flatschig)
Abnutzung nach Gewicht für 200 Umdrehungen (Mittel aus drei Messungen)	7,3–8,5 g

Ein Netz von Störungen durchzieht das Gestein in allen Richtungen und beschränkt in gewissem Maße auch seine technische Verwendungsmöglichkeit. An diese Bruch- und Ruschelzonen ist eine lichtgrüne Abart des Gesteins, der weiche oder flatschige Schalenserpentinit gebunden. Er zerfällt beim Anschlagen in linsenförmige Knollen, deren Oberfläche mit einer glatten Harnischpolitur überzogen ist.

An Serpentinhofgesteinen erscheinen tremolitführende Talkgesteine, Talk- und Talk-Karbonatschiefer.

Primärer Mineralbestand: Olivin, Ortho- und Klinopyroxene (Bronzit, Enstatit, Diallag), Chlorit, Magnetit, Chromit.
Frühe Mineralumwandlungen: Hornblenden.
Späte Mineralumwandlungen: Maschenserpentin, Antigorit.

Mineralbestand insgesamt: Olivin, Bronzit, Enstatit, Chlorit, tremolitische Hornblende, Bastit, Chrysotil, Antigorit, Erz,

ferner: Diopsid, Granat, Zoisit, Pennin, Vermiculit, Brucit.

Erzminerale: Chromit, Chromspinell (Picotit), Magnetit, Titanomagnetit, gelegentlich Zinkblende, Kupferkies, Schwefelkies.

Raum Erbendorf: Bei den nicht kontaktmetamorph veränderten Serpentiniten des Erbendorfer Gebietes handelt es sich weitgehend um Antigoritserpentinite, zum Teil mit Resten von Maschen- und Bandserpentin, die sich im Zustand weit fortgeschrittener Serpentinisierung befinden.

Mineralbestand: Olivin, Bronzit, Enstatit, Chlorit, tremolitische Hornblende, Bastit, Chrysotil, Antigorit, Erz (Magnetit, Chromit), Chromspinell (Picotit), Spinelle, Talk (sekundär), Karbonat (sekundär).

Raum Kaimling: Dunkelgrüne, straff plattig-paralleltexturierte z. T. Chlorit-reiche und massige, Orthopyroxen-führende Serpentinitvarietäten, die von Chrysotil-gefüllten Fugen durchzogen werden sowie Serpentinit-Hornfelse.

Mineralbestand: Plattig-paralleltexturierte Varietät: Chrysotil, Antigorit, Klinochlor, Erz, Hornblende, Talk, Karbonat.

Massige Varietät: Olivin, Bronzit, Hornblende, Chromit, Chromspinell, Chrysotil, Antigorit, Erz.

Serpentinit-Hornfels: Serpentinminerale, Olivin, Cummingtonit, Erz, Klinochlor, Pennin, ferner Diopsid, Hornblende, Spinell.

Raum Eslarn-Schönsee: Dunkelolivgrüne bis grüngraue, massige (Eslarn) bis durchbewegte, plattig-parallel-texturierte und verschieferte Varietäten (westlich und nordwestlich Schönsee).

Bei Verwitterung bildet sich infolge Eisenausscheidung eine graubraune bis braune Rinde aus.

Mineralbestand: Olivin, Enstatit, Strahlstein, Chromit, Chromspinell, Erz.

Klinochlor, Antophyllit, Chrysotil, Antigorit, Sepiolith, Karbonat, Chalzedon, Opal.

Raum Oberviechtach: Dunkelgrünes, viele Spielarten umfassendes Gestein. Schollen von hellgrünen, nicht serpentinisierten Pyroxeniten finden sich im Serpentinit des Galgenberges bei Winklarn und an der Ascha bei Obereppenried.
Mineralbestand: Olivin, Pyroxen, farblose Hornblende (Strahlstein), Chlorit, Chromit, Chromspinell, Erz, Antophyllit, Chrysotil, Antigorit, Sepiolith, Karbonat, Chalzedon, Opal, Prehnit.

Mitunter wird der Serpentinit in der Nachbarschaft eingedrungener Feinkorngranitgänge von mehreren Zentimeter breiten Antophyllit-Asbest-Schnüren durchzogen (St. Walburga-Kapelle).

Technische Gesteinsdaten

	Winklarn	Rottendorf
Rohdichte	2,64 g/cm^3	2,64 g/cm^3
Schlagzertrümmerungswert $SZ_{Sp\ 8/12}$	16,0 Gew.-%	19,1 Gew.-%
SD 10-Wert	17,5 Gew.-%	21,0 Gew.-%

Gewinnung und Verwendung: An der Wojaleite bei Wurlitz ist der Nordhang des Schwesnitztales durch den jahrzehntelangen Abbau entblößt. Gewaltige Schutthalden geben hier eine Vorstellung von den Gesteinsmassen, die seit 1889 aus dem Berginneren herausgebrochen wurden.

Auch das Vorkommen vom Haidberg bei Zell wird seit längerer Zeit ausgebeutet.

Der Hartserpentinit ist beiderorts ein geschätztes Schottermaterial für den Straßen- und Bahnbau, das sich durch Härte, Zähigkeit und Wetterbeständigkeit auszeichnet. Neben Serpentinit-Großgeschlägen werden Serpentinit-Kleingeschläge hergestellt, die als Gleisbett- und Straßenschotter sowie für Beton, Fundamentbau, Kunststein und Terrazzo Verwendung finden. Vermahlen dient das Gestein als Füllmittel, Trägerstoff und zur Dachpappenbestreuung sowie zur Beimengung für technische Massen und Baustoffe.

Die aus dem Kleinfall mit geeigneten Bindemitteln unter Druck erzeugten künstlichen Straßenbeläge („Wurlitzite") sind druckfest und lärmmindernd.

In den Brüchen am Haidberg wurden auch größere Säulen gewonnen, die verschliffen wurden. Früher wurde auch Serpentinit vom Peterleinstein bei Kupferberg und vom Röhrenhof bei Goldmühl zu Schmuckgegenständen verarbeitet.

Der ebenfalls harte und zähe Serpentinit von Thumsenreuth bei Erbendorf bildet das Ausgangsprodukt für die Herstellung von Schottern, Splitten, Frostschutz- und Tragschichtenmaterial im Straßenbau. Er wird in der Waldabteilung „Dürrer Schlag", westlich des Ortes, in einem zur Zeit 7,5 ha großen und 20 m tiefen Tagebau gewonnen. Die Verarbeitung des gewonnenen Materials erfolgt in einem Schotterwerk, 800 m nordwestlich Krummennaab.

Wegen seiner größeren Zähigkeit ist der Serpentinit des Winklarner Gebietes dem Granit als Schottermaterial überlegen. Das in den großen Brüchen bei Winklarn und Voggendorf gewonnene Gestein liefert deshalb den gesamten Bedarf an Straßenschotter für die engere und weitere Umgebung. Gewinnungsstellen befinden sich am Galgenberg, südöstlich Winklarn und am Haarbühl, südöstlich Voggendorf. Im Jahr 1957 wurde ein weiterer Abbauversuch an der St. Walburga-Kapelle, östlich Niedermurach, begonnen.

Der Serpentinit vom Galgenberg wird seit 1937 in einem derzeit 3 ha großen und 40 bis 50 m tiefen Tagebau gewonnen. Das Material findet im Straßen- und Schwarzdeckenbau (Splitte, Schotter, bituminöses Mischgut) Verwendung. Das Vorkommen vom Haarbühl, östlich Rottendorf, steht seit 1955 in Abbau und ist derzeit durch einen ca. 4 ha großen und 25 m tiefen Abbau erschlossen. Das Material wird zur Herstellung von Schotter und Splitt verwendet.

Die Rohdichte des Serpentinits von Winklarn und Rottendorf liegt bei 2,64 g/cm^3, der Schlagzertrümmerungswert von Splitt ($SZ_{Sp\ 8/12}$) zwischen 16 und 19 Gew.-%, der Siebdurchgang von Schotter (SD10-Wert) zwischen 17,5 und 21 Gew.-%.

Das ausgebeutete Amphibolit-Serpentinit-Vorkommen, nördlich Fuchsberg, wurde seit 1961 abgebaut. Es wurde durch einen etwa 2,5 ha großen, zwischen 10 und 40 m tiefen Tagebau erschlossen, in dem Schotter für den Straßenbau gewonnen wurde.

Der massige Serpentinit vom Schloßberg in Eslarn wurde früher zu Straßenschotter verarbeitet. Das Vorkommen ist bis auf einen Restkörper abgebaut, die Gewinnungsstelle verfüllt.

Auf dem Vorkommen von Ried bei Cham fand ebenfalls ein Abbauversuch statt.

V o r k o m m e n : Die wichtigsten Serpentinitvorkommen des Münchberger Gneisgebietes und seiner Grünschieferumrahmung liegen am Haidberg bei Zell, am Heidberg bei Förbau und an der Wojaleite bei Wurlitz. Das Vorkommen von Wurlitz ist 500 m breit und 4,5 km lang. Es erstreckt sich von Haideck im SW bis südlich von Kautendorf.

Kleinere Vorkommen, die vereinzelt sanfte Geländerücken bilden, finden sich westlich Förstenreuth, auf der Goppelhöhe östlich Stammbach, westlich Grünlas und Horbach, südwestlich Epplas, bei Ochsenbrunn-Bärenbrunn, östlich Leupoldsgrün, nördlich Schauenstein, südwestlich Volkmannsgrün, zwischen Suttenbach und Taubaldsmühle, auf dem Bühl nordwestlich Oberweißenbach, auf dem Steinbühl südwestlich Unfriedsdorf, auf dem Stadelberg westlich Helmbrechts, nordwestlich Unterpferd, nördlich Götzmannsgrün („Blauer Fels") an dem nordöstlichen Abhang des Steinbühls südlich Sparneck, südöstlich Krötenbruck und südwestlich Förbau.

Gemeinsam mit Prasinit und Talkschiefer wird Serpentinit bei Schwarzenbach an der sächsischen Saale abgebaut und zu Gesteinsmehl für Füllzwecke und Dachpappenbestreuung verarbeitet.

Mit Talkschiefern verknüpfte Vorkommen standen auch am Gondelberg, Weiding, Christophsbühl und Lerchenhügel im Raum Rohrersreuth-Marktschorgast sowie an den Serpentinitkörpern südwestlich der Großrehmühle und Hermes-West bei Schallerhof in Abbau.

In der nördlichen Oberpfalz sind die wichtigsten Vorkommen die von Grötschenreuth, Thumsenreuth und Plärn.

Aus dem Raum Kaimling sind bis 100 m lange Serpentinitkörper und kleinere Vorkommen südwestlich und westlich Kleinpoppenhof, nordwestlich Lerau, südöstlich, südlich und westlich Kaimling, nordwestlich, nordnordwestlich, ostsüdöstlich, südöstlich und südsüdwestlich Waldau, südöstlich Höfen bei Grafenreuth, südlich der Weikersmühle und nördlich Floß bekannt. Serpentinit-Hornfelse treten westlich, nordwestlich und westsüdwestlich der Kößlmühle, südwestlich Altenstadt, südlich Leuchtenberg, südwestlich von Steinach, nordwestlich Wildenau und Hardt auf.

Außer den Vorkommen in Eslarn sowie westlich und nordwestlich von Schönsee, sind die Serpentinitkörper aus dem Raum Winklarn gesteinstechnisch die bedeutendsten.

Die Serpentinit-Vorkommen im tektonischen Liegenden der Gabbro-Amphibolit-Masse von Neukirchen b. Hl. Blut sind in die Überschiebungsbahn des Basitkörpers über die liegende Gneis-Glimmerschiefer-Serie eingeschuppt. Sie sind durch das an sie geknüpfte Auftreten von Asbest bekannt. Es handelt sich um die auf 7,5 km Länge perlschnurartig aufgereihten Serpentinitlinsen vom Südhang des Hohen Bogen am Ochsenberg, im Aignwald, an den Schneiderhängen nordwestlich Höll-Waldel (Abbau-Versuch) und am Kagerstein. Weitere kleinere Vorkommen sind aus dem Gebiet um Rittsteig (Schicherhof, Buchermühle) zu nennen.

Aus dem Bayerischen Wald sind die Serpentinitvorkommen vom Stadlerruck bei Grafenau und aus dem Nationalpark-Gebiet die beiden, bedarfsweise für den Forstwegebau genutzten, kleinen Serpentinitlinsen („Schwarzer Kies") westlich der ehemaligen Aufschlägersäge erwähnenswert.

Kleinere Vorkommen, die überwiegend nur mineralogisch-petrographisches Interesse besitzen, liegen im Passauer Wald, unter anderem an der Irlmühle bei

Ruderting (durch Kernbohrungen nachgewiesen), südwestlich von Fischhaus, nordwestlich Straßkirchen, südlich Sickling, westlich Waldkirchen und bei der Steinhofmühle westlich Hauzenberg.

Stand 2000

Amphibolit – Amphibolschiefer (201)

Amphibolite sind in den oberproterozoischen Bunten Gesteinsgruppen der Elterhof-Serie des südlichen Vorspessarts und in der durch Metabasite und Kalksilikatfelse gebänderten Alzenauer Serie am NW-Rand des kristallinen Spessart sowie in der Quarzit-Glimmerschiefer-Serie (Geiselbach-Serie) eingeschaltet.

Ein 1 bis 2 km breiter und 40 km langer, örtlich unterbrochener Gesteinszug von Amphiboliten und Amphibolschiefern (Randamphibolit-Serie) umrahmt das Münchberger Gneisgebiet im SW und SO.

Mit der Hangendserie der Hornblendebändergneise der Münchberger Gneismasse ist ein großer, mehr oder weniger zusammenhängender Komplex von Amphiboliten (Hangend-Amphibolit) zwischen Marktleugast und Wüstenselbitz verbunden.

Eine weitere Serie basischer Gesteine findet in dem Raum zwischen der Naabgebirgs-N-Randstörung im S und der Erbendorfer Störung im N ihre Verbreitung. Diese basische Serie enthält eine ältere, intensiv umgestaltete Gruppe von Eklogiten bis Granatamphiboliten, die mit granulitischen Gneisen vergesellschaftet ist und eine jüngere Gruppe basischer Gesteine, welche mit reliktisch erhaltenen Erstarrungsgesteinen durch Übergänge verbunden ist. Diese jüngere Gruppe umfaßt neben Ultrabasiten wie Serpentiniten und Gabbros auch Amphibolite, Prasinite und mannigfaltige Kalksilikatamphibolite. Der Leuchtenberger Granit hat sie kontaktmetamorph überprägt (Hammerleite nördlich Lückenrieth).

Anteilig sind Amphibolite außer an der Erbendorfer Grünschieferzone auch noch am Aufbau des Hohen Bogen Massivs und der Bunten Gesteinsgruppe der Kropfmühl-Serie im Passauer Wald beteiligt.

Gesteinsausbildung und Eigenschaften: Randamphibolite der Münchberger Gneismasse; kompakte, schwärzliche bis dunkelblaugraue, fein- bis mittelkörnige Gesteine, auch kleinkörnige Gesteinstypen mit überwiegend schwacher Bänderung, der die Schieferung meist parallel verläuft. Kleinstückiger, kantiger Zerfall in parallelepipedische Bruchstücke.

Mineralbestand: Hornblenden (46%), Epidot (12%), Plagioklas (27%) (Albitoligoklas), Quarz (+), Rutil (+), Titanit (2%), Chlorit (8%), Augit (selten) und Erz (5%).

Hangend-Amphibolite der Hangendserie der Münchberger Gneismasse; gelb- und dunkelgrün gebänderte, feinkörnig-schiefrige und kleinkörnige Gesteine.

Mineralbestand: Hornblenden, Epidot, Chlorit, Plagioklas, Quarz, Rutil, Titanit und Erz.

Amphibolite westlich des Leuchtenberger Granitmassivs; klein- bis feinkörnige, überwiegend gleichkörnige dunkle, braun- bis graugrüne, meist plattige oder stengelige, seltener massige Gesteine mit kalksilikatischen Einschaltungen.

Mineralbestand: Hornblende, Pennin, Klinochlor, Granat, Rutil, Titanit, Erz, Apatit, Plagioklas, Epidot, Klinozoisit, Sericit, Karbonat.

Amphibolite südlich und östlich des Leuchtenberger Granitmassivs; infolge von stärkerer Plagioklasarmut dunkler gefärbte, plattige Gesteine, zum Teil mit streifigem Lagenbau (Kalvarienberg bei Oberlind), ansonsten Korngröße und Habitus wie in den Amphiboliten westlich des Granitmassivs.

Mineralbestand: Hornblende, Pennin, Stilpnomelan, Titanit, Erz, Apatit, Plagioklas, Klinozoisit, Epidot, Sericit, Quarz und Talk.

Gewinnung und Verwendung: In dem gemeindeeigenen Steinbruch der Marktgemeinde Hörstein, 500 m südöstlich des Ortes, wurde Epidot-Amphibolit und plagioklasreicher Amphibolit für die Gewinnung von Schotter und Splitt abgebaut.

Brauchbares Schottermaterial liefern namentlich die fein- bis mittelkörnigen Randamphibolite im SW der Münchberger Gneismasse. Solche, zum Teil zähe Gesteine wurden in dem Steinbruch des Landkreises Kulmbach im Schorgasttal unfern Wirsberg abgebaut und in einer Brecheranlage verarbeitet. Weitere Schürfe und Abbauversuche befanden sich bei Rohrersreuth, Pulst, Köslar, Gössenreuth und Gothendorf.

Tektonisch stark zerütteter, mittel- bis grobkörniger Amphibolit wird in einem Steinbruch an der westlichen Mühlleite, unweit der Fränkischen Linie, bei Schwärzhof, für Wegebeschotterung bedarfsweise gebrochen.

Im SO der Münchberger Gneismasse wurden kleinkörnige, splitterig brechende Randamphibolite nur an wenigen Stellen westnordwestlich Stein in geringem Umfang für den örtlichen Bedarf gebrochen. Ein Steinbruch-Versuch befand sich nordwestlich Benk, weitere ehemalige Gewinnungsstellen lagen bei Krötenbruck-Lausenhof, östlich Oberkotzau und südöstlich Döhlau. Sie dienten der Gewinnung von Straßenbaumaterial.

Auf Amphibolite der Hangendserie der Münchberger Gneismasse erfolgte ein zeitweiser Abbau am Steinhügel bei Traindorf. Hier wurde ein Teil des Baumaterials gewonnen, das für die aus Naturstein errichtete Kirche von Tannenwirtshaus verwendet wurde. Weitere Steinbrüche im Hangend-Amphibolit befanden sich zwischen Vorderrehberg und Waldhermes sowie auf dem Atze-Berg, solche in den amphibolitischen Hornblendegneisen bei Weiblenreuth.

Im nordoberpfälzer Verbreitungsgebiet sind in dem Amphibolitzug zwischen Windischeschenbach und Floß Gewinnungsstellen westlich Greiner, nordöstlich Ilsenbach und zwei kleinere Steinbrüche 500 m südöstlich Kaimling angelegt worden.

Gewinnungsstellen befanden sich 2 km nordwestlich Waldau, am Steinbühl bei Kaimling und 1,5 km westsüdwestlich Albersrieth.

In größerem Umfang wird massiger bis gebänderter Amphibolit mit Übergängen in Biotit-Hornblende-Gneis an der Oberbau-Mühle nordwestlich Windischeschenbach, westlich des Leuchtenberger Granitmassivs, gewonnen und zu Straßen- und Wegebaumaterial sowie zu Zuschlagstoffen für bituminöses Mischgut und für Beton verarbeitet. Zur Zeit stilliegende Gewinnungsstellen sind südlich Windischeschenbach, an der Radschin-Mühle, 1 km nördlich Neustadt an der Waldnaab, in dunkelgrünem, dickbankigem, steilstehendem Amphibolit sowie am Galgenberg, P 475, 1 km nördlich Neustadt, angelegt worden.

Der Amphibolit aus dem in Betrieb befindlichen Steinbruch im Rappersbusch, 1 km südwestlich von Remmelberg besitzt eine Druckfestigkeit von über 294 N/mm^2 und einen relativ konstanten Schlagzertrümmerungswert von Splitt von $SZ_{Sp\ 8/12} = 16{,}2$ Gew.-%.

Er wird zu Beton- und Bitumenzuschlag, zu Splitt und Edelsplitt verarbeitet.

Die aus den amphibolitischen Gesteinen des Oberpfälzer Waldes hergestellten Splittkörnungen besitzen bei einer Trockenrohdichte von im Mittel 2,76 g/cm^3 einen hohen Reinheitsgrad. Die Verstaubung und die Beteiligung bindiger Bestandteile (Korngröße < 0,063 mm) der korngestuften Korngemische liegen im Mittel bei nur 0,83 Gew.-%. Der Anteil an weniger gut geformten Körnern, das heißt an plattigen und spießigen Kornformen – mit einem Verhältnis von Länge zu Dicke größer als 3:1 – erfüllt, bezogen auf die einzelnen Korngruppen, mit im Mittel 29 Gew.-% (Minimalwerte 17 bis 24 Gew.-%) die Sollwert-Anforderungen. Von dem Splittgut werden auch die Anforderungen an die Verwitterungs- und Frostbeständigkeit erfüllt. Noch nach zehnmaligen Frost-Tauwechselversuchen betragen die Absplitterungen (Korn < 5 mm) der Prüfkörnung 8/12 mm nur 0,3 Gew.-%.

Die Widerstandsfähigkeit der Splitte und Edelsplitte gegen Schlag (Schlagzertrümmerungswert, $SZ_{Sp\ 8/12)}$ liegt zwischen 16 und 22,2 Gew.-%, somit unter dem Sollwert (vgl. die nachstehenden Tabellenwerte), das heißt, die erzeugten Splittkörnungen können als Zuschlagstoffe für bituminöse Tragschichten, aber auch für ungebundene Tragschichten, somit für Straßen mit starker bis sehr starker Verkehrsbelastung verwendet werden.

	Ödenthal	Michldorf	Remmelberg	Daberg
Druckfestigkeit	–	~ 240 N/mm^2	> 294 N/mm^2	–
Schlagzertrümmerungswert $SZ_{Sp\ 8/12}$	19,7–22,6 Gew.-% Mittelwert 22,2 Gew.-%	16–17 Gew.-%	16,2 Gew.-%	16,5 Gew.-%

Im Gabbro-Amphibolit-Massiv von Neukirchen bei Hl. Blut befanden sich Gewinnungsstellen von Hornblendeschiefern unter anderem am Blätterberg (Vogelherd), südöstlich Furth im Wald, auf der Höhe P 460, nordwestlich der Seuchauer Mühle, nordwestlich Kleinaign, P 463, im Flurbereich Sengenbühl, nordöstlich Oberdörfl.

Vorkommen: In der südwestlichen und südöstlichen Umrahmung der Münchberger Gneismasse zwischen Kupferberg, Marktschorgast, Bad Berneck, Zell, Sparneck, Schwarzenbach an der Saale und Tauperlitz sowie am Warttumberg bei Hof.

In der nördlichen Oberpfalz sind Gesteine einer basischen Serie für das Gebiet zwischen der Erbendorfer und der Naabgebirgs-N-Randstörung kennzeichnend. Eines ihrer Hauptverbreitungsgebiete besitzen sie hier zwischen Michldorf, Kaimling, Trauschendorf und Roggenstein. Weiter im N bilden sie bei Remmelberg und Theisseil den westlichen Rahmen des Leuchtenberger Granits und Schollen in diesem. Metabasite sind ferner zahlreicher um Neustadt a. d. Waldnaab, um Floß, entlang der Störungszone Plankenhammer-Altenstadt nach S und in einem Streifen um den S-Rand des Leuchtenberger Granits verbreitet. In der Zone Erbendorf-Vohenstrauß nehmen die basischen Gesteine – der Granit nicht eingerechnet – fast ein Fünftel der Oberfläche ein, zwischen Kaimling, Irchenrieth, und Michldorf fast die Hälfte. Südlich der Naabgebirgs-N-Randstörung fehlen sie nahezu.

Westlich des Leuchtenberger Granitmassivs treten Amphibolite in dem Gebiet zwischen Theisseil und Grafenreuth auf. Ferner sind Amphibolitzüge um die Kapelle von Roggenstein, nördlich Michldorf, und von hier gegen SW und NO sich erstreckend sowie südwestlich bis nordöstlich der Burgmühle als SW-NO-streichende Körper mit Linsen- bis Plattenform verbreitet.

Außer den Amphibolitvorkommen östlich Waldau sowie zwischen Spielberg und Plankenhammer finden sich solche östlich des Kalvarienberges bei Oberlind und etwa 1 km südwestlich Vohenstrauß.

Stand 2000

Metagabbronorit – Metagabbro (203)

Den Gneisen und Metahornfelsen der Liegendserie sind in der Münchberger Gneismasse linsenförmige Körper von Metagabbronoriten, Metagabbros und Metanoriten eingeschaltet. Gabbroide Einlagerungen sind auch aus dem Serpentinit von Wurlitz bekannt.

Gesteinsausbildung und Eigenschaften: Steinhügel bei Höflas; dunkelgrauer Norit mit mineralfaziellem Übergang in lauchgrünen biotitführenden Granatamphibolit. Klein- bis mittelkörniges, teilweise ophitisches Gefüge.

Mineralbestand: Plagioklas (Labrador-Andesin), Hypersthen, Diallag, Biotit, Hornblende, Titaneisen, spärlich Quarz.

Hauptgemengteile: Orthopyroxen, Klinopyroxen, Plagioklas (überwiegend Andesin)

Nebengemengteile: Biotit, Erz (Titaneisen, Magnetit, Magnetkies)

Sekundärminerale infolge tektonischer Durchbewegung: Hornblendesäume um Pyroxene, mikrolithische Zeolithbildung in Plagioklasen, Granatbildung auf Kosten der Plagioklase und des Biotits in der Intergranulare.

An Scherzonen sind Albit-Pegmatoidgängchen, Infiltrationen von Quarz und stärkere Amphibolisierung des Gesteins gebunden.

Gewinnung und Verwendung: Der Metagabbronorit vom Steinhügel bei Höflas ist versuchsweise in einem Steinbruch abgebaut worden. Wegen seiner großen Härte und Zähigkeit ließ er sich nur außerordentlich schwer zu Bruchsteinen und Schottergut verarbeiten.

Die gabbroiden Einlagerungen im Serpentinit von Wurlitz sind bei der Gewinnung von Straßenbaumaterial und Schotter für Bahnanlagen mitgewonnen worden.

Vorkommen: Ein größerer Körper von Metagabbronorit ist in den Metahornfelsen und Muskovit-Biotit-Gneisen der Liegendserie der Münchberger Gneismasse am Steinhügel bei Höflas eingeschaltet. Kleinere Körper von Metagabbro mit einer stärkeren Entwicklung zu Gabbroamphibolit finden sich am Lerchenhügel bei Winklas, am Saalberg bei Mechlenreuth und nördlich der Glänzla-Mühle bei Martinsreuth. Ein etwas größeres Vorkommen von mittel- bis grobkörnigem, dunkelgrün und weiß gefleckten Metagabbro (Saussurit-Gabbro) ist nördlich Steinbach erschlossen.

Gabbroide Einlagerungen in dem Serpentinit von Wurlitz erreichen Mächtigkeiten bis zu mehreren Metern und zeigen Übergänge in den peridotitischen Ausgangsmineralbestand des Serpentinits. Es handelt sich um stark kataklastisch überprägte, grobporphyrische Saussuritgabbros, bestehend aus Diallag und Labrador, der weitgehend saussuritisiert, d. h. in getrübte Aggregate von Zoisit, Granat und Amphibol umgewandelt. ist.

Marmor (204)

Marmor, kristalliner Kalkstein, früher als Urkalk bezeichnet, ist ein Leitgestein der oberproterozoischen Bunten Gesteinsgruppen im kristallinen Vorspessart (Elterhof-Serie, Alzenauer Serie), im Fichtelgebirge (Arzberger Serie), im Gebiet des Hohen Bogen (Rittsteiger Serie) und im Passauer Wald (Kropfmühl-Serie).

Vorspessart

Gesteinsausbildung und Eigenschaften: Neben reinen, weißgefärbten, von Silikatmineralen fast oder ganz freien, grobspätigen Marmorlagen in 0,5 m mächtigen Bänken, Lagen von Silikatmarmoren bis Karbonatsilikatfelsen (Phlogopit-, Amphibol-, Chondroditkarbonatfels) in einer Gesamtmächtigkeit von 4 bis maximal 14 m.

Gewinnung und Verwendung: Die Gewinnung erfolgte im Tief- und Tagebau, im Heinrichschacht (Stollenbetrieb und Tagebau) am Heubuckel und im Gertrudstollen im Vorderen Gailbachtal, bei den Elterhöfen, bei Klingerhof (Klingerhofstollen) und am Lindenberg bei Laufach.

Der Marmor fand in chemischen Betrieben, in Papier- und Zellstoff-Fabriken als Bindemittel für schwefelige Säure, in Entsäuerungsanlagen der Wasserversorgung, als Zuschlag für Fayence-Massen und beim Straßenbau Verwendung.

Vorkommen: Innerhalb der körnig-streifigen Paragneis-Serie (Schweinheim-Elterhöfe-Grünmorsbach-Klingerhof-Keilberg-Laufach) in SW-NO-streichenden mit 75–80° gegen SO einfallenden Linsen von 4 bis 8 m Stärke mit Paragneiszwischenlagen.

Fichtelgebirge

Gesteinsausbildung und Eigenschaften: Mittel- bis grobkörnige, weiße bis grauweiße Marmore. Das Gestein ist im allgemeinen gut geschichtet, örtlich massig entwickelt. Graphit erscheint staubartig verteilt, seltener in kompakten, dünnen Zwischenlagen. An Übergemengteilen führt der Marmor Quarz, Phlogopit, Serpentin, Chlorit, Tremolit, Titanit, Rutil, Zirkon und Flußspat, an Erzeinsprengungen Schwefelkies, Magnetkies, Zinkblende, Arsenkies, Kupferkies, Bleiglanz und Eisenglanz. Serpentin bedingt eine hellgrüne Färbung des Marmors (Thiersheim, Stemmas). Feinkörnige (0,3–0,4 mm ∅) dolomitische Lagen wechseln mit mittelkörnigen (1,1–1,5 mm ∅) kalkigen Lagen ab. Die Mächtigkeit schwankt zwischen 100 und 200 m und liegt im Mittel bei 150 m.

Chemische Zusammensetzung einzelner Marmorvorkommen

	1.	2.	3.		4.
SiO_2	2,35	0,52	3,9		3,13
Al_2O_3	3,60	0,56		TiO_2	0,18
FeO	0,64	0,12	0,54	Al_2O_3	0,14
MgO	17,10	0,31	0,80	Fe_2O_3	18,9
CaO	32,90	54,95	52,72		33,2
CO_2 (Glühverlust)	44,40	43,67	42,00		44,4

1. Marmor von Gailbach (Vorspessart)
2. Marmor von Neusorg (Fichtelgebirge)
3. Marmor von Holenbrunn (Fichtelgebirge)
4. Marmor von Babing (Passauer Wald)

Mineralbestand einzelner Marmorvorkommen in Vol.-%

	1.	2.	3.
Calcit	85	55	52
Dolomit	1	5	13
Plagioklas	5	–	–
Quarz	6	–	–
Forsterit	–	27	5
Phlogopit	0,5 (+Muskovit)	1	1
Serpentin	2,5 (+Chlorit+Talk)	12	29
Chlorit	+	+	+
Erz (Magnetit)	+	+	+
Graphit	–	–	+
Spinell	–	+	+
Apatit	–	+	–
Akzessorien	+	–	–

1. Marmor, Lindenberg, Laufach (Vorspessart)
2. Marmor, Steinbruch, Löwmühle (Passauer Wald)
3. Marmor, Kropfmühl, Graphitgrube (Passauer Wald)

Technische Gesteinsdaten

	Dechantsees
Rohdichte	2,68 g/cm^3

Gewinnung und Verwendung: Die Marmorvorkommen waren Gegenstand einer lebhaften Steinindustrie, deren Anfänge bis in das 15. Jahrhundert zurückreichen. Damals diente das Gestein hauptsächlich bildhauerischen Zwecken. Gegenwärtig findet es vor allem für die Kunststeinherstellung (Terrazzo) Verwendung.

Der Marmor von Dechantsees wird in Poppengrün zu Granulat und Splitt für die Herstellung von Waschbeton verarbeitet. Ein Teil des Materials wird gebrannt und gemahlen und dient als Weißkalk im Baugewerbe und als Düngemittel für die Landwirtschaft. Die feinere Mahlung findet in der chemischen und Lackindustrie Verwendung oder wird zu Kalkstickstoff verarbeitet.

Lagen mit geringen tonigen oder kieseligen Beimengungen enthalten bis zu 98% kohlensauren Kalk, der sehr gut ablöscht. Bei der Löschung liefert 1 kg gebrannter Kalk 3,04 kg Kalkbrei.

Größere Brüche liegen bei Furthammer, Wunsiedel, Holenbrunn, Sinatengrün, Stemmas, Neusorg, Dechantsees und Marktredwitz. In Abbau stehende Steinbrüche befinden sich zwischen Sinatengrün und Holenbrunn sowie nördlich Stemmas und Dechantsees. Es werden Bruchsteine gewonnen und Kalkmehl sowie Branntkalk und Kalkstickstoff hergestellt.

Hinderlich für den Abbau ist die Lage des Marmorzuges unter der Talsohle.

Vorkommen: Im Süden des Fichtelgebirger Zentralstockes sind den Schiefergesteinen zwei Marmorzüge eingeschaltet, die gegen Osten konvergieren und mit 40–50°, mitunter 80° gegen S bis SO einfallen.

Der nördliche Zug beginnt bei Mehlmeisel, wird durch den Granitstock des Fichtelgebirges unterbrochen und setzt sich jenseits desselben über Eulenloh, Tröstau, Wunsiedel, Thiersheim, Stemmas, Kothigenbiebersbach, bis Hohenberg fort.

Der südliche Zug nimmt bei Unterwappenöst seinen Anfang und läßt sich, zum Teil durch Querstörungen zerrissen, über Neusorg, Dechantsees, Waldershof bis nach Marktredwitz verfolgen. Weiter nordostwärts ist das Marmorband zwischen Lorenzreuth und Röthenbach durch die Intrusion des Redwitzits und Porphyrgranits unterbrochen. Von Röthenbach zieht es über Arzberg nach Schirnding. Zwischen beiden Zügen liegt das Vorkommen von Ebnath (Vogelherd, Birket).

Die im Gneis eingelagerten Vorkommen von rötlich gefärbtem Marmor mit Epidot bei Burggrub und Nottersdorf, südöstlich Erbendorf, sind von untergeordneter Bedeutung.

Stand 2000

Gebiet des Hohen Bogen

Gesteinsausbildung und Eigenschaften: Kalkofen östlich Tretting; in großen Blöcken brechender, reinweißer bis 10 m mächtiger Marmor mit besonders an der Unterseite des Lagers angereicherten Kalksilikatmineralen von Tremolit, Epidot und Hornblende.

Helmhöfe und Angl-Mühle bei Rittsteig; feinkörniger, durch Graphit und Mangan grau gefärbter und grobkörniger, weißer bis gelblich-weißer, ungeschichteter, stellenweise stark dolomitischer Marmor. Reich an Eisenspat, der Gelbfärbung, rostige Verwitterung und Limonitbildung bedingt.

Klüfte mit Wad, Chloropal und Nontronit.

Gewinnung und Verwendung: Der Marmor von Kalkofen, östlich Tretting, wurde bis 16 m im Tiefbau, der von den Helmhöfen bei Rittsteig bis 20 m im Tief- und im Tagebau gewonnen. Das gewonnene Gut wurde überwiegend zu Branntkalk verarbeitet.

Vorkommen: Das Vorkommen von Kalkofen, westlich des Hohen Bogens, ist Gneisen und Amphiboliten auf 300 m Länge eingeschaltet und unterteuft im Osten einen plattenförmigen Ganggranit an dem es absetzt. Es streicht O-W und fällt gegen N ein. Das Vorkommen von den Helmhöfen bei Rittsteig ist auf eine Länge von 500 m zu verfolgen, streicht SW-NO und fällt mit 70° gegen N ein. Der aus mindestens drei verschieden mächtigen Lagen bestehende Marmorzug ist Glimmerschiefern und Chloritphylliten eingeschaltet.

Passauer Wald

Gesteinsausbildung und Eigenschaften: Mittel- bis grobkörniger, z. T. reinweißer bis weißgelblicher graphitfreier Calcitmarmor, z. T. durch Graphit lichtgrau gestreifter bis gebänderter fein- bis mittelkörniger Marmor, z. T. feinkörniger Dolomitmarmor oder fein- bis kleinkörniger Silikatmarmor mit Quarz, Kalifeldspat, Plagioklas, Forsterit, Diopsid, Pargasit, Chondrodit, Klinohumit, Granat, Vesuvian, Wollastonit, Biotit, Phlogopit, Chlorit, Serpentin, Talk, Epidot-Zoisit, Orthit, Titanit, Spinell, Flußspat und Schwefelkies. Z. T. geschichtet, z. T. in dicken Bänken abgesondert oder massig.

Mächtigkeit bis 30 m.
Örtlich mit sekundärem, hell- bis schwarzbraunem Leberopal oder hellgelbgrünem Chloropal in über 1 m mächtigen Lagen im Hangenden und auf Klüften des Marmors vergesellschaftet.

Gewinnung und Verwendung: Für Branntkalk, örtlich für Bauzwecke und Terrazzo. Wegen schlechter optischer Werte ist der Marmor für Papier- und Anstrichstoffe nicht geeignet.

Vorkommen: Zwei mehrfach unterbrochene, in Linsen aneinandergereihte Marmorzüge begleiten im Passauer Wald zwischen Vilshofen und Jochenstein die Donau im Norden und greifen nur vereinzelt auf das südliche Donauufer über. Die Vorkommen liegen bei Hofkirchen, Voggenreut-Oitzet, Grubhof, Solla, Babing, Stetting, Kading, Hitzing, Lengfelden, Wörth, Maierhof und Hackelberg sowie bei Wimhof, Hausbach, Nieder-Satzbach – Löwmühle,

Pulvermühle, Hinterhammer, Haar, Obernzell – Steinhag (Eozoonkalk), Kohlbachmühle und Jochenstein, ferner bei Zwölfling – Schmölz, Kaindlmühle und Niederndorf, am Endsfeldener Bach und am Rambach sowie im Bereich der Graphitlagerstätten von Wastlmühle – Kropfmühl – Pfaffenreut, Harstorf im Ficht und Habersdorf – Gotting – Ranna.

Stand 2000

Gneis (205)

Am Aufbau der Grundgebirgsanschnitte des Vorspessarts, der Münchberger Gneismasse, des Fichtelgebirges, des Oberpfälzer und Bayerischen Waldes sind in hohem Maße Gneise beteiligt. Ihr Gefüge ist auf Grund oft mehrfacher tektonischer Prägungen und Aufschmelzungsvorgänge zum Teil tiefgreifend verändert. Ihr Mineralbestand ist entsprechend ihrem Ausgangsmaterial sehr variabel und Schwankungen unterworfen.

Es wird hier nur auf Gneis-Serien eingegangen, die derzeit eine Gewinnung erfahren oder bis vor kurzem abgebaut und genutzt wurden.

Vorspessart

Im Südteil des zentralen Vorspessart ist die Verbreitung eines Biotitgneis-Glimmerschiefer-Komplexes durch die Orte Haibach – Frauengrund – Steiger – Laufach gekennzeichnet.

Gesteinsausbildung und Eigenschaften: Die für den sogenannten „Haibacher Gneis" oder „Blauen Haibacher" einheitliche Bezeichnung: Mittelkörniger Biotitgneis ist eine Kurzbezeichnung für Quarz-Plagioklas-Mikroklin-Biotit-(± Muskovit-)-Gneis. Der gleichkörnig-ebenflächige (Korndurchmesser etwa 1 mm) Normal-Typus des Gesteins ist teils massig ausgebildet, teils besitzt er gute Paralleltextur und oft Lagenbau. Er bricht meist in 5 bis 20 cm starken, ebenflächigen Platten und Bänken. Abweichende Typen entstehen durch stengelige Schieferung und extremen Lagenbau. Durch zweischarige Scherung bedingte, flasergneisähnliche Ausbildung ist im nördlichen Teil des Verbreitungsgebietes zu beobachten. Porphyrisches Aussehen wird durch örtlich auftretende Mikroklinaugen (1,5 bis 2 cm) hervorgerufen.

Das metamorph-kristalloblastische Mineralgefüge des Biotitgneises besteht rund zu 1/3 aus Quarz und zu 2/3 aus Feldspat. Das Feldspatverhältnis schwankt stark, doch ist immer Plagioklasvormacht vorhanden. Die dunklen Gemengteile, in den Normaltypen der Biotit, erreichen einschließlich der Akzessorien kaum 1/10 Mineralbestand: Plagioklas, Kalifeldspat, Quarz, Biotit, Muskovit, Akzessorien: Hämatit, Ilmenit, Apatit, Zirkon, Turmalin, Granat, Sericit, Chlorit.

Technische Gesteinsdaten

Rohdichte	2,56–2,62 g/cm^3
Druckfestigkeit	171–207 N/mm^2
Abnutzung nach Gewicht für 200 Umdrehungen (Mittel aus drei Messungen)	9,5–10,4 g

Gewinnung und Verwendung: Die regste Bruchsteingewinnung erfolgte in der mittleren, der sogenannten Wendelberg-Lage, der die Steinbrüche auf dem Wendel-Berg, dem Hermesbuckel, dem Storn-Berg, dem Keller- und dem Juden-Berg angehörten.

In zeitweiligem Abbau befinden sich noch die großen Brüche, westlich und nördlich P 257, auf dem Wendel-Berg.

Das bevorzugt abgebaute Gestein ist ein gleichkörniger, massiger Biotitgneis mit guter Paralleltextur und teilweisem Lagenbau. Weniger geschätzt sind stengelige und geschieferte sowie flasergneisähnliche Partien (wie in der nördlichen Lage). Der Biotitgneis findet als Sockelstein beim Hausbau sowie im Straßenbau als Packlagen- und Schottermaterial Verwendung und ist auch schon zu Pflastersteinen für die Stadt Klingenberg am Main (aus dem bereits eingeebneten Frau-Holle-Bruch an der Würzburger Straße, südöstlich von Aschaffenburg) verarbeitet worden.

Die meisten Brüche werden jetzt nicht mehr oder nur selten betrieben und dienen nurmehr dem örtlichen Bedarf.

Vorkommen: Der Biotitgneis wird durch Glimmerschieferlagen in einzelne SW-NO-streichende – auch morphologisch ausgeprägte – Lagen und Lamellen mit Ausstrichbreiten von 150–500 m (600–700 m im Raum Laufach) und 300–1000 m (im Mittel 700 m, besonders bei Laufach) aufgegliedert. Von Norden nach Süden sind zu unterscheiden: Büchelberg-Lage, Wendelberg-Lage und Buchberg-Lamelle. Die südlichste Lamelle erscheint nordöstlich Laufach aufgefächert (Ausstrichbreite: 80–250 m).

Stand 2000

Münchberger Gneismasse

In der Münchberger Gneismasse stehen sich einheitliche Komplexe sauerer Gneise (Liegendserie), die vorwiegend an ihren Rändern – mit einem Schwerpunkt im Westen – auftreten und eine lebhaft wechselnde Folge von saueren, intermediären und basischen Gesteinen (Hangendserie) im übrigen, flächenmäßig größeren Teil gegenüber.

Gesteinsausbildung und Eigenschaften: Zu dem Komplex der saueren Gneise der Liegendserie gehört der Muskovit-Biotit-Gneis, ein Zweiglimmergneis mit örtlich wechselnden Einschaltungen heller und dunkler Lagen.

Das Gestein besitzt auf dem frischen Längsbruch eine hell- bis mittelgraue Farbe. Quarz- und Feldspatlagen werden von Lagen hellen und dunklen Glimmers umflasert. Die nicht durchgehend plattig ausgebildeten Schieferungsflächen sind von Muskovit besetzt. Im Querbruch läßt das Gestein ebenfalls eine lagige Anordnung seiner Gemengteile erkennen, welche gelegentlich über flaserigen zu stengeligem Habitus führt. Feldspatporphyroblasten bedingen bisweilen einen augengneisartigen Charakter.

Mineralbestand: Plagioklas, Kalifeldspat, Quarz, Biotit, Granat, Muskovit, Akzessorien: Apatit, Zirkon, Erz, Zoisit, Epidot, Chlorit, Calcit.

Gewinnung und Verwendung: Muskovit-Biotit-Gneis wurde in dem großen Steinbruch an der Thalmühle bei Marktschorgast gebrochen und beim Wegebau sowie in beschränktem Maße beim Hausbau verwendet. Muskovit-(Biotit-)-Gneise mit etwas massigerem Habitus wurden 1 km nördlich Hohenberg am „Bühl" abgebaut. Plattig-bankige, gefaltete und stark geklüftete Gneise sind nahe der Großrehmühle gebrochen worden.

Muskovit-Biotit-Gneis sowie mit diesem verknüpfter Muskovit-Gneis ist bei Hohenbuchen, westlich Hermes, auf der nordwestlichen Weiherhöhe, am Goldbühl, südlich Marktleugast sowie unfern der Weihermühle abgebaut worden.

Größere Steinbrüche befanden sich in bankig-plattig absondernden Muskovitgneisen im Raum östlich Helmbrechts (Steinbrüche von Haidl und Absang). Der plattige Glimmergneis von Absang ist für den Brückenbau der Bahnlinie Schauenstein – Helmbrechts verwendet worden. Eine Reihe von kleineren Brüchen bestand im Muskovitgneis auf der Höhe südlich Walberngrün und nördlich Schindelwald. Im „Ortho"-Augengneis-Komplex gab der nahezu granitische „Metagranit" östlich Grafengehaig und bei Schauenstein Anlaß zu Steinbruchbetrieben.

In den Hornblendebändergneisen und amphibolitischen Hornblendebändergneisen der Hangendserie bestanden in früheren Zeiten an vielen Stellen Steinbrüche und Steinbruchversuche, die jedoch seit langem stillgelegt sind. So unter anderem in den Hornblendebändergneisen bei der Rothenmühle und in amphibolitischen Hornblendebändergneisen bei Weißlenreuth. Im Raum Meierhof wird heute noch bedarfsweise in zwei Steinbrüchen Gneis gebrochen und zu Schotter verarbeitet.

Unter den gegenwärtigen wirtschaftlichen und bautechnischen Verhältnissen kommt den Gneisen der Münchberger Gneismasse keine technische Bedeutung als Baumaterial mehr zu.

Vorkommen: Auf die Vorkommen der Gneise wurde bei der eingangs geschilderten stofflichen Verteilung der Liegend- und der Hangendserie verwiesen.

Fichtelgebirge

Im Fichtelgebirge sind die Einheiten des Präkambriums und Kambriums durch einen sich dazwischenschiebenden „Orthogneis" getrennt. Seine Verbreitung ist durch die Orte Selb und Wunsiedel gekennzeichnet. Epigneise treten unter anderem im Westen des Fichtelgebirgssattels auf. Ein ausgedehntes Epigneisgebiet liegt zwischen Bischofsgrün und Escherlich.

Gesteinsausbildung und Eigenschaften: Bei den Epigneisen handelt es sich um streng parallel zur Schieferung ausgerichtete Metablastite. Es sind blastoklastische Gesteine, deren Zusammensetzung sehr variabel ist und verschiedenen Ausgangsgesteinen wie Quarzit, quarzitisch

gebändertem Phyllit, Quarzphyllit, Phyllit, Grauwacke, tuffitischen Gesteinen zugeordnet werden kann. Die in ihnen sichtbare Sprossung von mm-großen Quarzen und Feldspäten ist ebenso dem Schieferungsvorgang zuzuordnen, wie die unmittelbar folgende Zerscherungs- und Mylonitisierungsphase. Der Anteil der Quarz- und Feldspatblasten ist umso größer, je tiefer das Bildungsniveau der Gesteine war.

Auch die wesentlich „granitischeren Orthogneise" (Augengneise) sind so entstanden. Die „Orthogneise" der Wunsiedler Bucht zeigen Übergänge von Augen- und Stengelgneisen zu grob- bis kleinkörnigen Flasergneisen.

Mineralbestand: Quarz, Kalifeldspat, Plagioklas (Oligoklas), Biotit, Muskovit, Granat, Sericit, Chlorit.

Die Epigneise sind stark fein- bis grobflaserig geschiefert und ähneln teils Phylliten, teils Quarziten. Sie sind mehr oder weniger gespickt mit bis mm-großen Quarz- und Feldspatkörnchen, die von feinem sericitischem Schiefergewebe umflasert werden.

Mineralbestand: Quarz, Kalifeldspat, Plagioklas, Biotit, Akzessorien: Erz (u. a. Pyrit), Zirkon, Apatit, Karbonat.

Vorkommen: Ein 1- bis 1,5 km breiter Orthogneis-Zug streicht nordöstlich von Selb in SW-NO-Richtung. Ein größeres „Orthogneis"-Areal nimmt die Wunsiedler Bucht mit 12 km W-O- und 5,5 km N-S-Erstreckung ein. Ein weiterer „Orthogneis"-Zug verläuft östlich Marktredwitz in SSW-NNO.

Epigneise sind im Westen des Fichtelgebirgssattels, südöstlich, östlich und nordöstlich Goldkronach sowie südöstlich Bad Berneck verbreitet und bilden schmälere SSW-NNO-verlaufende Züge in den ordovizischen Schichten, westlich Waldsassen und kleinere Schollen im Kambrium südöstlich Marktredwitz.

Oberpfälzer und Regensburger Wald

Im Oberpfälzer Wald werden große Teile des Grundgebirgsanschnittes von Gneisen eingenommen.

Im nördlichen Oberpfälzer Wald sind präkambrische Biotit-Sillimanit-Gneise, moldanubisch überprägte – ebenfalls oberproterozoische – Muskovit-Biotit-Gneise und moldanubische Cordierit-Sillimanit-Gneise einer Monotonen Gesteinsgruppe aufgeschlossen.

In der westlichen Umrahmung des Leuchtenberger Granitmassivs treten als Glieder der assyntischen Baustufe oberproterozoische Gneise mit Granulittendenz und östlich des Massivs, zeitlich äquivalente, monometamorphe Muskovit-Biotit-Gneise und diaphthoritische Gneise auf. Gegen die Landesgrenze hin folgen hier moldanubisch überprägte Biotit-(Lagen-)-Gneise des Oberproterozoikums.

Im südöstlichen Oberpfälzer Wald finden Cordierit-Sillimanit-Gneise einer Monotonen Gesteinsgruppe eine weitere Verbreitung.

Gesteinsausbildung und Eigenschaften: Der Plagioklas-Biotit-Gneis ist grobflaserig und infolge des meist hohen Feldspatanteils von heller Farbe.

Mineralbestand: Biotit, Plagioklas, Quarz, Mikroklin, Muskovit, Erz, Apatit, Graphit, Zirkon, Pennin, Cordierit.

Bei der relativ rasch vor sich gehenden Verwitterung werden diese, im frischen Zustand blaugrauen Gesteine zu rostigen Farben hin verfärbt. Sie spalten entlang der Scherflächen auf und zerfallen durch Umwandlung der Eisen-haltigen Biotite zu Tonmineralen und anderen Zerfallsprodukten.

Biotit-(Lagen-)-Gneis: Dunkle, fein- bis mittelkörnige Gneise mit straffer lagiger Formung. Wechsellagerung von dunklem Biotit-Teilgefüge mit hellem Quarz-Feldspat-Teilgefüge. Schieferungsflächen mit dünnblätterigen Biotittapeten. Gute Spaltbarkeit entlang den Schieferungsflächen. Mineralbestand: Mikroklin, Biotit, Quarz, Cordierit, Plagioklas, Sillimanit, Akzessorien: Muskovit, Apatit, Zirkon, Erz.

Cordierit-Sillimanit-Flasergneis: Dunkelblaugraue, in der Schieferungsfläche ziemlich glatt brechende, grobkörnige Gneise mit rauher Oberfläche im Querbruch. Verflechtung eines hellen und dunklen Teilgefüges in Flasern und Linsen.

Mineralbestand: Cordierit, Biotit, Plagioklas 1, Plagioklas 2, Mikroklin, Quarz, Sillimanit, Akzessorien: Granat, Apatit, Zirkon, Chlorit, Muskovit, Titanit, Rutil, Erz, Graphit, Spinell.

Perlgneis, Zeilenperlgneis und Nebulitgneis: sind Gesteine, die aus Gneisen mit Lagenbau hervorgegangen sind. Bei den Nebulitgneisen handelt es sich um hellgraue, fein- bis mittelkörnige, granitähnliche Gesteine. Der früher vorhandene Lagenbau ist durch Sprossungen von Plagioklasen aufgelöst.

Mineralbestand: Quarz, Kalifeldspat, Plagioklas, Biotit, Muskovit, Cordierit, Akzessorien.

Granulitgneis: Klein- bis feinkörnig, mit 2–30 mm, meist 5–15 mm breiten, weißen und dunkelblaugrauen Lagen, die gelblichweiß und dunkelbraungrau anwittern. Wechselhafte Klüftung.

Mineralbestand: Granat, Biotit, Disthen, Plagioklas (Oligoklas), Mikroklin, Quarz, Apatit, Zirkon, Erz, Rutil, Titanit, Muskovit, Pennin.

Neben verhältnismäßig hohen Granat- und Disthengehalten noch merkliche Biotitgehalte (Granulitgneise).

Gewinnung und Verwendung: Plagioklas-Biotit-Gneis im Verband mit Cordierit-Sillimanit-Flasergneis und Amphibolit – ähnlich einem früher an der Groppenmühle, nördlich von Griesbach, genutzten Vorkommen – wird in einem 8 ha großen, 60 bis 70 m hohen Steinbruch, südlich Böhmischbruck, gebrochen.

Technische Gesteinsdaten

	Böhmischbruck
Rohdichte	2,64 g/cm^3
Reinwichte	2,65 cN/cm^3
Druckfestigkeit	147 N/mm^2
Schlagzertrümmerungswert $SZ_{Sp\ 8/12}$	17,2 Gew.-%
SD10-Wert	19,6 Gew.-%

Aus den genannten Gesteinen werden Splitte und Schotter sowie bituminöses Mischgut hergestellt. Sie finden im Beton-, Straßen- und Schwarzdeckenbau Verwendung.

Biotit-Plagioklas-Gneis wurde nördlich Gröbenstädt am westlichen Pfreimdhang gegenüber der Gebhardsreutherschleife gewonnen. Dieses Gestein eignet sich ebenfalls für Schotterzwecke.

Die Biotit-(Lagen-) Gneise in den Steinbrüchen am Büchelberg, auf der Höhe 573, nördlich Eslarn, und die Cordierit-–Sillimanit-Flasergneise in der oberen Beerenlohe, südwestlich der Höhe 644, nordöstlich Dietersdorf, sowie am südlichen Steinbühl, südwestlich dieses Ortes, dienen ausschließlich zur Straßenbeschotterung (Ausbau der Straße Schönsee-Dietersdorf) sowie als Rohsteine für Bauzwecke, insbesondere für Grundmauern. Bei diesen Gneisen ist die Paralleltextur der Schieferungsflächen kräftig ausgeprägt. Das Gestein zerfällt leicht nach diesen Flächen und war somit nur für den Unterbau dieser Teerstrecke zu verwenden. Ähnlich ist auch das Gestein in der oberen Beerenlohe struiert. Es dient vorwiegend der Beschotterung von Forstwegen.

Diaphthoritischer Granulitgneis (Biotit-Sillimanit-Gneis) wird am Johannes-Brunnen, 350 m westlich Ödenthal abgebaut. Granulitgneis mit linsenförmigen Einschaltungen von Granat-Hornblende-Gneis ist im Steinbruch am westlichen Luhehang, östlich Michldorf, gewonnen worden. Seine Nähe zur B 22 veranlaßte die neue Steinbruchanlage 1 km südsüdwestlich der Kirche von Michldorf im Granulitgneis, Amphibolit und diaphthoritischen Muskovit-Biotit-Sillimanit-Gneis. Eine weitere in Metabasiten angelegte Gewinnungsstelle befindet sich im Rappersbusch, 1 km südwestlich Remmelberg. Die vorstehend gewonnenen Gesteine werden ausschließlich zu Straßenbauschottern, Splitten und Edelsplitten verarbeitet.

Technische Gesteinsdaten

	Ödenthal	Michldorf
Reinwichte	2,76 cN/cm^3	–
Druckfestigkeit	–	~ 240 N/mm^2
Schlagzertrümmerungswert von Splitt ($SZ_{Sp\ 8/12}$)	19,7–22,6 Gew.-%	16–17 Gew.-%

Die ermittelten Schlagzertrümmerungswerte stehen mit der Mineralzusammensetzung und dem Korngefüge der Gesteine in Einklang und bedingen deren technische Verwendbarkeit in Form von Splitten bzw. Edelsplitten. Frost- und Tauwechselversuche kennzeichnen bei geringen Absplitterungen von nur 0,3 Gew.-% die Gesteine als frost- und wetterbeständig.

Im Naabgebirgsvorsprung wurden grobflaserige helle Kalifeldspatgneise südlich Wutschdorf als Grundmauersteine für Häuserbauten verwendet.

Im Regensburger Wald sind Perlgneise, Zeilenperlgneise und Körnelgneise in den Steinbrüchen am Refberg, nördlich Refthal, 600 m östlich Weg, am Mühlberg bei Hauzendorf, ostsüdöstlich Asang und südlich Tiefenbach abgebaut worden.

Die Verwendbarkeit der Perl- und Körnelgneise richtet sich nach der Stärke von vorhandener lagiger Inhomogenität, nach der Stärke der tektonischen Flaserung und vor allem nach ihrem Verwitterungszustand. In den Steinbrüchen ostsüdöstlich Erlbach, am Mühlberg bei Hauzendorf, 1 km östlich Wulkersdorf, bei Schönberg und östlich Hadriva werden Perl- und Körnelgneise für landwirtschaftlichen Wegebau gewonnen. Biotit-Plagioklas-Gneise mit verwischtem Lagenbau (Nebulitgneise) werden im Steinbruch südlich Forsthaus Heilsberg und am Taubenberg, südlich Ruderszell, für die Gewinnung von Straßenschotter abgebaut. Das gewonnene Material ist jedoch wegen der Einlagerung von Cordierit-Sillimanit-Gneis-Schollen minderer Qualität nur zum Teil verwendbar.

Auch die Gneise des Oberpfälzer und des Regensburger Waldes werden, wie vorstehend ausgeführt, als Straßenbaustoffe (Schottermaterial, Splitte) eingesetzt. Man benutzt sie allerdings nur in begrenztem Umfang, da sie oft eine zu geringe Festigkeit aufweisen. Ihre bautechnischen Eigenschaften sind um so günstiger zu beurteilen, je geringer ihr Biotitgehalt und je aufgelockerter ihr Gefüge ist. Zeilengneise mit straffem Lagenbau spalten sehr leicht nach den Schieferungsflächen. Perlgneise und Biotit-Flaser-Gneise besitzen dagegen einen stärkeren Zusammenhalt. Biotitreichere Gneise mit höheren Gehalten an leicht verwitterbaren Mineralen, zum Beispiel an pinitisiertem Cordierit, und Gneise mit scharf ausgebildetem Lagenwechsel verwittern sehr rasch und lassen sich daher technisch so gut wie überhaupt nicht verwenden. Grobflaserige Gneise sind für Straßenbauzwecke ebenfalls weniger gut geeignet, da sie meist angewittert oder mylonitisiert sind, so daß sie bei mechanischer Beanspruchung leicht bröckelig werden und zerfallen. Ebenso zerfallen Bändergneise bei Verwitterung nach ihren ebenfalls scharf ausgeprägten Schieferungsflächen, lassen sich aber bei genügend feiner Zerkleinerung für Wegebeschotterung verwenden.

Vorkommen: Bezüglich der Vorkommen wird auf die Ausführungen über die Verbreitung der einzelnen Gneistypen am Anfang des Kapitels Oberpfälzer Wald verwiesen.

Bayerischer Wald

Die Gneise des Moldanubischen Grundgebirges im Mittleren Bayerischen Wald, nördlich des Pfahls, bilden auf Grund ihrer Gefüge- und Strukturelemente eine tektonische Einheit und haben auch weitgehend eine gemeinsame metamorphe

Prägung erfahren, deren Intensität als metamorphe Zonenfolge von Norden nach Süden zunimmt. Es handelt sich vorwiegend um Cordierit-Sillimanit-Gneise (Biotit-Plagioklas-Metatexite).

Im Bereich der Pfahlzone, der Rundinger Zone, der Aicha-Halser Nebenpfahlzone und des Donaurandbruches treten blastokataklastische Gneise und Perlgneise (Biotit-Plagioklas-Metablastite) auf. Im Süden wird die Pfahlzone von Paliten (syenitischen Gneisdiatexiten) und Flasergraniten begleitet.

Den Vorderen Bayerischen Wald zwischen der Stallwanger Furche und dem Sonnwald bauen Perlgneise (Biotit-Plagioklas-Metablastite) mit – infolge von Kalifeldspatblastese – undeutlichem Lagenbau und Übergängen in Körnelgneise und „Paragranodiorit" sowie migmatische und nebulitische Diatexite auf. Östlich des Saldenburger Granitmassivs und nördlich des Aicha-Halser Nebenpfahls sind vorwiegend diatektische Gneise verbreitet.

Im Passauer Wald sind Graphit führende Gneise (Cordierit führende Biotit-Plagioklas-Zeilen-Gneise und Cordierit-Sillimanit-führende Feldspat-Lagengneise) einer Bunten Gruppe (Kropfmühl-Serie) anzutreffen.

Die Gneise des Regensburger Waldes wurden bereits im Anschluß an die des Oberpfälzer Waldes behandelt.

Gesteinsausbildung und Eigenschaften: Cordieritgneis mit zwischengelagertem Biotit-Plagioklas-Gneis: Dunkle Gneise, teils plattig, teils stark gefaltet mit eingelagerten hellgrauen feinkörnigen Gneisen.

Mineralbestand: Quarz, Kalifeldspat, Plagioklas, Biotit, Muskovit, Cordierit, Erz, Sillimanit, Akzessorien: Granat, Apatit, Zirkon.

Biotit-Plagioklas-Gneis: Hellgrauer, schwarz-weiß-gesprenkelter fein- bis sehr kleinkörniger schiefriger, oft lagig ausgebildeter metatektischer Gneis in dm- bis m-mächtigen Einlagerungen im Cordieritgneis.

Mineralbestand: Quarz, Kalifeldspat, Plagioklas, Biotit, Muskovit, Akzessorien.

Orthogneis: Helle, sehr grobkörnige Gesteine aus Feldspat, Quarz und wenig Biotit.

Perlgneis: Blaugraue Gesteine mit Lagenbau oder homogen ausgebildet. Grundgewebe aus Biotit in Lagen oder in Form eines Netzwerks und Quarz, von rundlichen 1 bis 3 mm großen „Feldspatperlen" (Plagioklasen) regellos durchsetzt.

Mineralbestand: Quarz, Plagioklas, Biotit, Kalifeldspat, Muskovit, Cordierit, Pinit, Akzessorien: Granat, Zirkon, Apatit.

Gneisanatexit: Sehr stark homogenisierter, richtungslos-körniger, massiger, mittel- bis grobkörniger Gneis mit reliktischen Schollen von Amphibolit und Kalksilikatfels in einem schlierigen Verband.

Mineralbestand: Quarz, Plagioklas, Kalifeldspat, Biotit, Hornblende.

Gewinnung und Verwendung: Steinbrüche in denen ausschließlich Gneis abgebaut wird, sind im Bayerischen Wald nur vereinzelt vorhanden. Verschiedene Gneisvarietäten werden jedoch in den in Betrieb stehenden

Schotterwerken außer dem hauptsächlich auf Granit, Granodiorit, Diorit oder Quarzdiorit gerichteten Abbau mitgewonnen, da sie mit den vorgenannten Gesteinen mitunter kompliziert strukturierte Mischverbände bilden oder als mehrere Zehner Meter große Schollen in diesen eingeschaltet sind. Hier sind neben anatektischen bis diatektischen Gneisen (Gneisanatexite) auch Flaser- und Perlgneise zu nennen.

Mitunter werden, wie zum Beispiel unweit des Klosters Halbmeile, an der Donau Steinbrüche im Perlgneis für die Gewinnung von Dammschüttmaterial auch nur kurzfristig angelegt und wieder rekultiviert. Zuletzt wurde metatektischer bis anatektischer Cordieritgneis mit zwischengelagertem Biotit-Plagioklas-Gneis als Stützkörper- und Filtermaterial für den Dammbau sowie als Packlagenmaterial für die Erstellung der Uferrandstraßen der Trinkwassertalsperre Frauenau in großem Umfang in einem Steinbruch im Tal des Kleinen Regen gewonnen.

In den Großsteinbrüchen Rattenberg, Hötzelsberg, Schönberg-Saunstein und Richardsreuth werden komplexe Gesteinsverbände zu Bahn- und Straßenschotter, zu Mineralbeton, zu Frostschutzmaterial und Brechsand verarbeitet.

Rattenberg

Komplexer 160° streichender und mit 70° ONO-einfallender, im Bereich der Pfahlzone blastomylonitisch überprägter Gesteinsverband aus feinkörnigem dunklem Quarzglimmerdiorit mit Schollen heller Orthogneise aus deformiertem Kristallgranit im Verband mit Palit und Flasergranit.

In zwei weiteren Steinbrüchen nordöstlich Haibach und südlich Haiderhof wird Cordierit-Sillimanit-Gneis abgebaut.

Hötzelsberg

Im Steinbruch östlich Auerbach werden beim Abbau mitunter große Schollen von Perlgneis im feinkörnigen Granit angeschnitten.

Perlgneis wurde auch bei Espern abgebaut. Es wurden Packlagenmaterial, Rolliersteine und Füllmaterial für den Straßenbau gewonnen. Gelegentlich in Betrieb ist der im Perlgneis angelegte und für die Gewinnung von Schotter und Splitt genutzte Steinbruch am Ruselabsatz.

Geplant ist ein Abbau für die Gewinnung von Schotter verschiedener Fraktionen und von Wasserbausteinen in den Perlgneisen (Winzergneisen) südlich Saulburg. In ebensolchen Gesteinen befindet sich bereits eine Gewinnungsstelle im Steinbergholz, südöstlich Agendorf. Hier werden Splitte, Edelsplitte, Frostschutzmaterial und Zuschlagstoffe für Mineralbeton hergestellt. Weitere sind am Rande des Eichhornholzes und auf der Höhe 391,9 nordwestlich Steinach geplant. Hier soll vor allem Füll- und Schüttmaterial als Kies- und Sandsubstitut gewonnen werden. Perlgneis-Mylonit wird im Steinbruch östlich Anning gebrochen. Der Schlagzertrümmerungswert von Splitt aus Perlgneis $SZ_{SP\ 8/12}$ liegt unter 18 Gew.-%.

Körnelgneis bis Paragranodiorit, die zu Straßenbaustoffen verarbeitet werden, werden am Wiedenberg, westlich des Marktes Schwarzach, gewonnen.

Schönberg-Saunstein

In Paliten, das heißt grobkörnigen, an Biotit und Hornblende reichen diatektischen Gneisen ist der Steinbruch am Kox-Berg, nordwestlich Schönberg, angelegt, dessen Material zu Straßenbaustoffen verarbeitet wird. Die diatektischen Gneise werden hier von einem 3 bis 4 m mächtigen Aplitgranit diskordant durchdrungen. Mineralbestand: Plagioklas, Kalifeldspat, Quarz, Pyroxen, Amphibol, Biotit (Chlorit), Titanit, (Epidot), Erz, Apatit, Zirkon.

Richardsreuth

Eine flach nach N einschiebende, W-O-streichende, 15 bis 20 m dicke Quarzglimmerdioritplatte wird am hangenden und liegenden Kontakt zu dem sie über- und unterlagernden Gneisanatexit von Meter-mächtigen Granitgängen begleitet und herausgeschält. Mit dem Fortschreiten des Abbaus gelangt der Steinbruch deshalb zunehmend in den hangenden und liegenden Gneis.

Diatektische Grobkorngneise (Körnelgneise) mit größeren Kalifeldspäten, Hornblenden und Titaniten, mit Amphibolit- und Biotit-Plagioklas-Gneis-Schollen, von Kalifeldspat-reichen Metatekten durchadert, wurden am Südosthang des Unteren Bühl, nordöstlich der Straße nach Mayrhof, als Straßen- und Wegebaumaterial gewonnen.

Vorkommen: Bezüglich der Vorkommen wird auf die Ausführungen über die Verbreitung der einzelnen Gneistypen am Anfang des Kapitels *Bayerischer Wald* verwiesen.

Quarzit und Glimmerschiefer (206)

Eine SW-NO-streichende Quarzit-Glimmerschiefer-Serie (Geiselbach-Serie) ist im nordwestlichen Vorspessart verbreitet. Quarzitführender Glimmerschiefer ist auch am Aufbau des Glimmerschiefer-Biotit-Gneis-Komplexes im südlichen Vorspessart beteiligt. Kambro-ordovizische und oberproterozoische Glimmerschiefer und Quarzite treten überdies in der Umrahmung des Fichtelgebirgischen Zentralstockes und in der nach Bayern hereinreichenden Moldanubischen Hangendserie des Künischen Gebirges in dem grenznahen Gebiet zwischen Rittsteig und nördlich Finsterau auf.

Vorspessart

Gesteinsausbildung und Eigenschaften: Quarzit; hell- bis dunkelgrau, bisweilen glasig, plattig (1–5 cm) bis dünnbankig (0,3–0,1 m), fein- bis kleinkörnig, stückig absondernd mit Zwischenlagen von dünnschichtigen, feingefältelten Glimmerschiefern bis quarzreichen Glimmerschiefern.

Mineralbestand: Quarz, Muskovit, Biotit-Chlorit, Granat, Erz, Zirkon, Rutil, Apatit, Turmalin.

Quarzitischer Glimmerschiefer und Zweiglimmerschiefer, quarzreich (ohne Plagioklas); grau, durch Blättchen von Eisenglanz rotgrau, dünnschichtig, feinkörnig, geschlossene Glimmerhäute auf den Schieferungsflächen, Quarze in dünnen, feinkörnigen Linsen und durch Glimmer getrennten Lagen.

Zweiglimmerschiefer bis Paragneis; dunkelgrau, klein- bis feinkörnig, lagig, schiefrig bis stengelig oder plattig.

Mineralbestand: Plagioklas, Quarz, Granat, Muskovit, Biotit, Chlorit, untergeordnet Apatit, Turmalin, Zirkon, Rutil und Magnetit.

Technische Gesteinsdaten des Quarzits

Rohdichte	2,60 g/cm^3
Wasseraufnahme bei Atmosphärendruck (nach DIN 52102)	1,30 Vol.-%
Schlagzertrümmerungswert von Schotter $SD_{35/45}$ (Durchschnitt von 3 Proben)	34,4 Gew.-% 36,9 Gew.-%
Schlagzertrümmerungswert von Splitt $SZ_{Sp\,8/12}$ (Durchschnitt von 3 Proben)	23,9 Gew.-% 25,5 Gew.-%

Gewinnung und Verwendung: In einem großen Steinbruch im Nieder-Wald, südwestlich Brücken, werden derzeit granatführender Muskovitquarzit (1), biotit- und granatführender Muskovit-Quarzit-Schiefer (2), quarzreicher Granat-Glimmerschiefer (3) und quarzreicher Glimmerschiefer (4) abgebaut und als Schütt- und Wegebaumaterial verwendet. Die vorgenannten Gesteinstypen wechsellagern miteinander und sind durch mannigfaltige Übergänge verbunden.

Ihr modaler Mineralbestand in Vol.-% ist in der folgenden Tabelle aufgeführt:

	1.	2.	3.	4.
Quarz	90	82	71	69
Muskovit	7	15	17	23
Biotit (Chlorit)	–	1	7	1
Granat	2	1	3	1
Übergemengteile	1 opak	1 opak	2 opak	6 opak
Akzessorien	+ (Zirkon, Turmalin)	+ (Zirkon)	+ (Apatit)	+ (Zirkon, Turmalin)

Der Steinbruch ist in dem 100 bis 120 m mächtigen SW-NO-streichenden dritten Quarzitzug der Quarzit-Glimmerschiefer-Serie (Geiselbach-Serie) angelegt, der auf der Ellern-Höhe, im Kreuzwasen, in der Hohen Mark, auf der Stützelhöhe, im Birkig und am Wilden Stein in Form einer markanten Geländerippe hervortritt.

Zahlreiche aufgelassene Gewinnungsstellen von Quarzit, Quarzitschiefern und quarzreichen Glimmerschiefern sind im ersten, südlichen Quarzitzug nördlich

Mömbris-Hohl (Scharfenstein), bei Angelsberg und Molkenberg (Kleine Mark) und bei Dörnsteinbach, im zweiten Quarzitzug auf der Grashecke und auf dem Daunert, im dritten Quarzitzug am westlichen Schützberg, im Rückersbachtal, auf der Ellern-Höhe, im Kreuzwasen, im Felg-Graben, im Nieder-Wald und auf der Stützelhöhe, im vierten Quarzitzug am NO-Hang des Schanzenkopfes und des Giftiger Berges, an den Dorsthöfen, am Aloisenberg, am Kreuzberg und Hinteren Gleisberg angelegt worden.

Die Gesteine standen hier früher für die Gewinnung von Straßenbaustoffen in Form von Quarzitkleinschlag und Packlagenmaterial sowie von Zuschlagstoffen für Zementwaren im Abbau. Sie werden bei Angelsberg und am Ortseingang von Molkenberg auch heute noch bedarfsweise gebrochen. Das glasig erscheinende Material aus dem Molkenberger Bruch wird bevorzugt für Einfriedungen verwendet.

Vorkommen: Die Quarzit-Glimmerschiefer-Serie des Vorspessarts ist zwischen Hörstein, Wasserlos, Nieder-Steinbach, Michelbach, Dörnsteinbach, Omersbach und Huckelheim verbreitet.

Erster Quarzitzug; durchschnittliche Mächtigkeit 80–100 m, Scharfenstein, Kleine Mark, Bauersberg, Buchwäldchen, Polsterhecken, Im Steinrücken.

Zweiter Quarzitzug; Stempel-Höhe, Grashecke, Hocheben, Daunert, Kohl-Berg, Steinrücken.

Dritter Quarzitzug; 100–120 m mächtig, Ellern-Höhe, Kreuzwasen, Stützelhöhe, Wilden Stein und Im Birkig.

Vierter Quarzitzug; Schanzen-Kopf, Aloisenberg, Sölzerts-Berg, Kreuzberg, Vorderer und Hinterer Gleisberg.

Fichtelgebirge

Im nordöstlichen Fichtelgebirge (Raum Schönwald, Selb) treten außer einer ausgeprägten Quarzit-Glimmerschiefer-Wechsellagerung auch quarzitisch gebänderte Glimmerschiefer mit Quarzitbänken als Äquivalente der kambro-ordovizischen Frauenbach-, Bischofsgrüner-, Kreuzstein-, Hüttenberg- und Hüttstadl-Schichten auf. Desgleichen sind zwischen Schirnding, Wunsiedel, Marktredwitz und Arzberg neben Phylliten auch oberproterozoische Glimmerschiefer und Quarzite verbreitet und erstrecken sich von hier über Waldershof und Riglasreuth bis zur Fränkischen Linie.

Die Quarzite in der Glimmerschiefer-Serie des nordöstlichen Fichtelgebirges waren zeitweilig Gegenstand des Abbaus südwestlich und östlich von Neuhausen sowie östlich Schönwald.

Zwischen Tirschenreuth und Mähring liegt ein SW-NO-streichendes Verbreitungsgebiet von oberproterozoischen Biotit-Sillimanit-Glimmerschiefern bis -Gneisen in einer bis zu 4 km breiten Zone südlich von einem kambrischen Muskovit-Biotit-Andalusit- (bis-Sillimanit-) Glimmerschieferkomplex mit Muskovitquarziten (Raum Leonberg, Neualbenreuth, Mähring und Wondreb) im Waldsassener Schiefergebirge der Stiftsberge und des Tillenberges.

Südlich Wernersreuth, östlich Altmugl, östlich Rosall, nordöstlich Wondreb und nordwestlich Mähring wurden in den Glimmerschiefern kleinere Brüche für den örtlichen Bedarf an Bruchsteinen und Schottern angelegt.

Bayerischer Wald

Die nach Bayern hereinreichende Moldanubische Hangendserie des Künischen Gebirges ist im Raum Rittsteig mit phyllitischen Glimmerschiefern, Quarz-Feldspat-Schiefern, Glimmerquarziten, Chlorit-Epidot-Granat-Schiefern stofflich stark differenziert. Nach Süden, gegen Lam hin, wechseln nurmehr Granatglimmerschiefer, Quarzite („Osserquarzite"), Sillimanit-Granat-Glimmerschiefer bis Zweiglimmergneise miteinander ab.

Phyllitischer Glimmerschiefer

Mineralbestand: Quarz, Rutil, Ilmenit, Graphit(oid), Apatit, Muskovit, Chlorit, Biotit, Albit, Epidot, Granat, Oligoklas.

Granatglimmerschiefer

Mineralbestand: Quarz, Rutil, Ilmenit, Graphit(oid), Apatit, Muskovit, Chlorit, Turmalin, Albit, Biotit, Oligoklas, Granat.

Nordöstlich vom Rachel und nördlich von Finsterau (Siebensteinfelsen-Serie) sind Glimmerschiefer-ähnliche an Biotit reiche, untergeordnet Graphit führende Glimmergneise verbreitet. Es handelt sich um dunkelblaugraue oder dunkelgraue, feinkörnige, dünnlagige, vorwiegend plattige, hell-dunkel-streifige Gesteine mit Quarzaugen bis Quarzlinsen.

Mineralbestand: Quarz, Kalifeldspat, Plagioklas, Biotit, Muskovit, Cordierit, Sillimanit, Andalusit, Zirkon, Xenotim, Apatit, Titanit, Orthit, Turmalin.

Die vorstehend aufgeführten Gesteine unterliegen zur Zeit keiner Nutzung.

Prasinit und Phyllit (202 und 207)

Die Münchberger Gneismasse wird auf ihrer SW- und SO-Seite von einem schmalen Band epizonaler Gesteinsserien umgeben, denen an Metasedimenten Quarzphyllite und an vulkanogenen Metamorphiten Prasinite angehören.

Im Fichtelgebirge gehen zwischen Rehau und Schönwald die paläozoischen Tonschiefer der Phycodenserie in Phyllite bis Albitphyllite über. Sie bilden einen weitreichenden Mantel um den granitischen Zentralstock des Fichtelgebirges.

In der Grünschieferzone von Erbendorf ist ein weiteres, tektonisch verschupptes und begrenztes Phyllit-Prasinit-Gebiet zwischen Grötschenreuth und Plärn im Bereich des Frauenberges, des Föhrenbühls und des Naabberges sowie bei Plärn verbreitet.

Gesteinsausbildung und Eigenschaften: Quarzphyllit; ein in frischem Zustand schwarzgrauer, ausgesprochen flaseriger Schiefer, auf dessen

gewellten, wulstigen Schieferungsflächen ein durch feine, mit einer Runzelung versehene Sericithäutchen bedingter starker Phyllitglanz liegt. Die flaserige Struktur ist durch zahlreiche Quarzlinsen bedingt, die lagenartig, gerade gestreckt oder leicht gebogen das Gestein durchschwärmen. Sie werden bis 20 cm lang und 3–4 cm mächtig. Das Gestein ist von zahlreichen kleinen Brüchen durchsetzt, die durch Kalkspat ausgeheilt sind. In der Nähe des Kalkspats ist Pyrit zu beobachten. Durch Verwitterung geht die Gesteinsfarbe in ein schmutziges Braun über.

Mineralbestand: Quarz, Chlorit, Muskovit, Sericit, Kalkspat, Titanit, Graphit. Feldspat, Granat und Biotit treten nur in geringer Menge auf. Durch Epidot und Hornblende ergeben sich Übergänge in Prasinit. Bei steigendem Quarz- und zurücktretendem Glimmergehalt geht das Gestein in Muskovitquarzit bis Quarzit über.

Prasinit; hellgrün, feinkörnig, teils schiefrig, teils plattig in Bänkchen bis 10 cm Dicke, überwiegend homogen, mitunter mehr oder weniger fein gebändert, durch einen Wechsel von weißen und hellgrünen Lagen.

Mineralbestand: Aktinolith, blaugrüne Hornblende, Albit, Epidot, Chlorit, Sericit-Muskovit, Quarz, Titanit und Erz. Schichtenweise Anordnung von Calcit. Eine Bänderung kann auch durch Epidot, Hornblende und Chlorit hervorgerufen werden. Zum Teil hellgraugrüne dichte Metatuffe bis Metatuffite oder Choritschiefer mit Chlorit, Epidot, Albit und Quarz.

Gewinnung und Verwendung: Metamorphe Schiefer von grüner oder grüngrauer Farbe werden feingemahlen und finden als Belag für Dachpappe sowie als Isoliermaterial Verwendung. Gewinnung südwestlich Tauperlitz im Regnitztal, südlich Hof, bei Schwarzenbach an der sächsischen Saale sowie bei Förbau. Ebenfalls zu Bestreuzwecken vermahlen wurden die chloritreichen Phyllite und Chloritschiefer, die bei Hohenknoden (beim Sägewerk Hohenknoden und 400 m nordöstlich davon) abgebaut wurden.

Reine, quarzlagenarme Phyllite der Phycoden-Frauenbach-Serie bei Schönwald und Sophienreuth, südöstlich Rehau, werden zur Herstellung von Gesteinsmehl und für die Teerpappen-Industrie abgebaut.

Vorkommen: Die geschieferten Prasinite haben ihre Hauptverbreitung im SW der Münchberger Gneismasse. An ihrem SO-Rand treten sie gegenüber den Quarzphylliten zurück.

Albitphyllite zwischen Rehau und Schönwald.

Quarzphyllite wurden früher am Lindenberg bei Arzberg, südöstlich Arzberg, östlich Konnersreuth, nördlich, nordwestlich und westlich Waldsassen, südlich Mammersreuth, südlich und südöstlich Grünberg, südlich Dörflas, westlich Pfaffenreuth, westlich Wolfersreuth, östlich Harlachhammer, an der Kriegermühle, östlich Hungenberg, westlich und östlich Zirkenreuth, westlich und östlich Wernersreuth sowie bei Hardeck für den örtlichen Bedarf gewonnen.

Phyllite und Grünschiefer in der Erbendorfer Grünschieferzone.

Eine vereinzelte Prasinitscholle läuft von Kleinpoppenhof gegen SW. Sie quert bei der Burgmühle das Luhetal und endet am Randbruch des Alten Gebirges gegen das Vorland.

Stand 2000

Naturstein als Gleisschotter

(Albert Dobner & Winfried Weinelt)

Lagerstätten von Gesteinen, die den heute hohen Ansprüchen für die Herstellung von Gleisschotter genügen, liegen vor allem im nord- und ostbayerischen Raum. Neben den Ergußgesteinen Basalt (Nr. 172) und Diabas (Nr. 170) werden die Tiefengesteine Granit (Nr. 127, 132, 142, 143, 145) und Diorit (Nr. 102), aber auch der Glaukoquarzit der alpinen Helvetikum-Zone (Nr. 621) abgebaut. Karbonatgesteine (z. B. Alpiner Muschelkalk Nr. 400, Raibler Kalk Nr. 402, Thecosmilienkalk des Rät Nr. 405) werden heute nur noch als Gleisschotter für private Bahnanschlüsse und Straßenbahngleise eingesetzt.

Die jüngeren Ergußgesteine der Basalte finden sich in der vulkanischen Rhön sowie im Umfeld der tertiären Senken im südlichen Fichtelgebirge und im nördlichen Oberpfälzer Wald in Form von decken-, gang- und schlotförmigen Eruptionsbildungen.

Die paläovulkanischen Diabasvorkommen des Frankenwaldes lassen sich in zum großen Teil noch ungenutzten, zehn einzelnen Diabaszügen zusammenfassen, welche örtlich Flächenausstriche von 7 km^2 und Breiten von 1,5 km bei Längen von 3 km erreichen.

Während die variskischen Granite im Fichtelgebirge, im Oberpfälzer und Bayerischen Wald in Form von Stöcken und Gängen eine weite Verbreitung besitzen, bildet der Diorit in Form von Schollen, Linsen und Platten einzelne absetzige Züge.

Die bedeutendsten Vorkommen des unterkretazischen Glaukonitquarzits sind an die bekannten Aufragungen der Köchel (Langer Köchel, Moosberg) im Murnauer Moos gebunden.

Die technischen Anforderungen (Technische Lieferbedingungen für Gleisschotter DB TL 91861 vom März 1981) beziehen sich in erster Linie auf die Rohdichte (DIN 52100), Verwitterungsbeständigkeit (DIN 52106) und Druckfestigkeit (DIN 52105), wobei letztere mindestens 180 N/mm^2 betragen muß. Um Setzungen des Gleiskörpers durch Stoß und Druck zu vermeiden, ist die Kornform sehr wichtig, so daß Gleisschotter aus unregelmäßig geformten und scharfkantigen Körnern bestehen muß und in allen Kornklassen sowohl flachkeilförmige als auch keilförmige und gedrungene Körner enthalten sein müssen. Die Schlagfestigkeit wird nach einem speziellen Verfahren der Gesteinsprüfstelle der DB in Kassel geprüft. In der nachfolgenden Zusammenstellung sind die Schlagzertrümmerungswerte der einzelnen Gesteinsgruppen aufgeführt, die sich auf das Prüfverfahren beziehen, wie es 1982 angewandt wurde. Der untere Grenzwert des Schlagzertrümmerungswertes S liegt bei S = 60.

Gestein	Schlagfestigkeit S	Rohdichte (g/cm^3)
Basalt	ca. 88–100	2,88–3,04
Diabas	ca. 84–107	2,78–2,96
Granit, Diorit	ca. 70– 87	2,62–2,70
Glaukoquarzit	ca. 73– 76	2,64–2,66

Stand 2000

Literatur

Für die Abschnitte Magmatite und Metamorphite verwendete Literatur

ANDRITZKY, G. (1964): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000 Blatt Nr. 6839 Nittenau. – 151 S., 32 Abb., 15 Diagr., 3 Beil., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1964.

BADER, H. (1959): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000 Blatt Nr. 6640 Neunburg vorm Wald. – 132 S., 24 Abb., 7 Beil., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1959.

BAUBERGER, W. (1967): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000 Blatt Nr. 6539 Nabburg. – 151 S., 23 Abb., 13 Tab., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1967.

BAUBERGER, W. (1969): Geologischer Strukturplan der Oberpfalz. – Geologica Bavarica, **60,** S. 45–51, 2 Beil., München 1969.

BAUBERGER, W. (1977): Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 7046 Spiegelau und zum Blatt Nr. 7047 Finsterau sowie zu den nördlichen Anteilen der Blätter Nr. 7146 Grafenau und Nr. 7147 Freyung – Nationalpark Bayerischer Wald. – 183 S., 19 Abb., 8 Tab., 5 Beil., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1977.

BAUBERGER, W., BERGER, K., DOBEN, K., EMMERT, U., GANSS, O., GROTTENTHALER, W., HÄUSSLER, H., HAUNSCHILD, H., HORSTIG, G. v., JERZ, H., MEYER, R., MIELKE, H., OTT, W.-D., SCHMIDT-KALER, H., SCHWARZMEIER, J., SCHWERD, K., STETTNER, G., STREIT, R., UNGER, H. J. und WEINELT, Wi. sowie HÜTTNER, R. für den württembergischen Anteil (1981): Geologische Karte von Bayern 1:500 000, 3. Auflage, München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1981.

BAUSCHINGER, J. (1874): Mitteilungen aus dem Mechanisch-Technischen Laboratorium der K. Polytechnischen Schule in München. – 4 H., München 1874.

BAUSCHINGER, J. (1889): Mitteilungen aus dem Mechanisch-Technischen Laboratorium der K. Technischen Hochschule in München. – 19 H., München 1889.

BAYERISCHES GEOLOGISCHES LANDESAMT: GEODOK Steine und Erden. – Unveröffentlichte Archivunterlagen.

BAYERISCHES OBERBERGAMT (GEOLOGISCHE LANDESUNTERSUCHUNG) (1924): Die nutzbaren Mineralien, Gesteine und Erden Bayerns. – I. Band, Frankenwald, Fichtelgebirge und Bayerischer Wald. – 220 S., München (Oldenbourg und Piloty & Loehle) 1924.

BAYERISCHES OBERBERGAMT (GEOLOGISCHE LANDESUNTERSUCHUNG) (1936): Die nutzbaren Mineralien, Gesteine und Erden Bayerns, II. Band, Franken, Oberpfalz und Schwaben nördlich der Donau. – 512 S., 1 Übersichtskarte, 62 Abb., 25 Bildtaf., 2 Kartentaf., München (Oldenbourg und Piloty & Loehle) 1936.

BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR LANDESENTWICKLUNG UND UMWELTFRAGEN – REGIONALER PLANUNGSVERBAND DONAU-WALD – BEARBEITER: BEZIRKSPLANUNGSSTELLE BEI DER REGIERUNG VON NIEDERBAYERN (1975): Regionalbericht Donau-Wald. – 154 S., 29 Abb., 88 Tab., 29 Kart.-Beil., u. a. Karte-Nr. 4, Natürliche Vorkommen, i. M. 1:400 000 von STEPHAN, W. und WEINELT, Wi. (Quelle: Bayer. Geol. L.-Amt) Ingolstadt 1975.

BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT UND VERKEHR (1978): Rohstoffprogramm für ‚Bayern. – 129 S., zahlr. Abb. und Tab., 1 Falttafel (Lagerstättenkarte von Bayern 1:500 000 – Erze, Industrieminerale, Salze und Brennstoffe). – München 1978.

BERGMANN K. (1948): Die fichtelgebirgische Granitindustrie. – Inaugural-Dissertation Universität Tübingen 1948.

BLÜMEL, P. (1972): Die Analyse von Kristallisation und Deformation einer metamorphen Zonenfolge im Moldanubikum von Lam-Bodenmais, E-Bayern. – N. Jb. Miner., Abh., **118:** S. 74–96, 3 Abb., Stuttgart 1972.

BRUNNACKER, K. (1956): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000 Blatt Nr. 7142 Straßkirchen – mit einem petrographischen Beitrag von WILHELM BAUBERGER. – 52 S., 6 Abb., 2 Tab., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1956.

DIMROTH, E., SÖLLNER, K. & STETTNER, G. (1965): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000 Blatt Nr. 6038 Waldershof. – 126 S., 26 Abb., 1 Beil., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1965.

DOLLINGER, U. (1967): Das Hauzenberger Granitmassiv und seine Umrahmung. – Geologica Bavarica, **58:** S. 145–168, 13 Abb., München 1967.

DRESCHER, F. K. (1925): Zur Tektonik und Petrographie der Diorite von Fürstenstein (Bayerischer Wald). – Abh. Hess. Geol. LA Darmstadt, **8:** H 1, S. 1–49, Darmstadt 1925.

DÜRR, S. & LIST, F. K. (1969): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000 Blatt Nr. 7144 Lalling. – 95 S., 9 Abb., 6 Tab., 4 Taf., 2 Beil., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1969.

DÜSING, C. (1959): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000 Blatt Nr. 6540 Oberviechtach. – 91 S., 29 Abb., 1 Beil., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1959.

EIGLER, G. & GEIPEL, R. (1981): Die Diorit-Steinbrüche von Roßbach/Oberpfalz. – 121 S., 67 Abb., Bodenstein/Regenstauf (Selbstverlag) 1981.

EMMERT, U. (1958): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000 Blatt Nr. 5738/39 Rehau. – 115 S., 19 Abb., 2 Beil., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1958.

EMMERT, U. & HORSTIG, G. v. (1972): Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 5734 Wallenfels. – 240 S., 28 Abb., 5 Tab., 2 Taf., 4 Beil., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1972.

EMMERT, U., HORSTIG, G. v., STETTNER, G. (1981): Geologische Übersichtskarte 1:200 000, CC 6334 Bayreuth. – Hannover 1981.

EMMERT, U., HORSTIG, G. v., WEINELT, W. (1960): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000 Blatt Nr. 5835 Stadtsteinach. – 279 S., 46 Abb., 3 Tab., 2 Beil., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1960.

EMMERT, U. & STETTNER, G. (1968): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000 Blatt Nr. 5737 Schwarzenbach a. d. sächs. Saale. – 236 S., 39 Abb., 5 Tab., 2 Beil., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1968.

EMMERT, U. & WEINELT, W. (1962): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000 Blatt Nr. 5935 Marktschorgast. – 286 S., 37 Abb., 2 Tab., 3 Beil., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1962.

FISCHER, G. (1930): Die Gabbroamphibolitmasse von Neukirchen a. Hl. Blut und ihr Rahmen (eine regional-geologische Studie). – N. Jb. Miner., Beil.-Bd., **60:** Abt. A, 1929, S. 251–362, 12 Abb., 9 Taf., und S. 363–395, 28 Tab., 4 Taf., Stuttgart 1930.

FISCHER, G. (1966): Exkursionsführer zur Nachexkursion Kristallin des Bayerischen Waldes und der Oberpfalz. – 44. Jahrestag. der DMG v. 05.–13.09.1966. – 58 S., 53 Abb., München 1966.

FISCHER, G. & TROLL, G. (1973): Bauplan und Gefügeentwicklung metamorpher Gesteine des Bayerischen Waldes. – Geologica Bavarica, **68:** S. 7–44, 18 Abb., 4 Taf., 1 Tab., 2 Kartenbeilagen, München 1973.

FORSCHUNGSGESELLSCHAFT FÜR DAS STRASSENWESEN (ARBEITSGRUPPE MINERALSTOFFE IM STRASSENBAU) (1978): Technische Lieferbedingungen für Mineralstoffe im Straßenbau TL Min 78. – 17 S., 9 Tab., Ausgabe 1978, Köln.

FORSTER, A. (1961): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000 Blatt Nr. 6441 Eslarn. – 90 S., 21 Abb., 1 Beil., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1961.

FORSTER, A. (1962): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000 Blatt Nr. 6640 Moosbach. – 100 S., 28 Abb., 2 Beil., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1962.

FORSTER, A. (1965): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000 Blatt Nr. 6340/6341 Vohenstrauß/Frankenreuth. – 174 S., 42 Abb., 8 Diagr., 17 Tab., 1 Beil., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1965.

GAERTNER, H. R. v. & SCHMITZ, H. H. (1968): Geologisch-petrographische Beobachtungen in der Grenzzone Moldanubikum/Saxothuringikum in der nördlichen Oberpfalz. – Geol. Jb., **85:** S. 315–370, 1 Abb., 25 Tab., 1 Taf., Hannover 1968.

GOLDFUSS, A. (1817): Physikalisch-statistische Beschreibung des Fichtelgebirges. – I. und II. Teil, Nürnberg 1817.

GÜMBEL, C. W. v. (1868): Geognostische Beschreibung des Ostbayerischen Grenzgebirges oder des Bayerischen und Oberpfälzer Waldgebirges. – 968 S., Gotha (Justus Perthes) 1868.

GÜMBEL, C. W. v. (1894): Geologie von Bayern. – II. Bd., Geologische Beschreibung von Bayern. – 1184 S., Cassel 1894.

HEGEMANN, F. (1932): Tektonik und Entstehung dioritähnlicher Gesteine im nordwestlichen Bayerischen Wald. – N. Jb. Miner., Beil.-Bd., **65:** Abt. A. (1932), S. 233–284, Stuttgart 1932.

HERGET,G. & KÖHLER, H. (1976): Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 6940 Wörth a. d. Donau. – 92 S., 29 Abb., 2 Beil., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1976.

HIRSCHWALD, E. (1911): Handbuch der bautechnischen Gesteinsprüfung. – 1 Bd., II. Teil, Berlin 1911.

HORSTIG, G. v. (1957): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000, Blatt Nr. 5637 Hof. – 111 S., 6 Abb., 2 Beil., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1957.

HORSTIG, G. v. (1979): Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 5633 Sonneberg (Bayer. Anteil) und zum Blatt Nr. 5634 Teuschnitz. – 116 S., 15 Abb., 3 Tab., 7 Beil., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1979.

HORSTIG, G. v. (1982): Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zu Blatt Nr. 5434 Leutenberg, Blatt Nr. 5533 Spechtsbrunn, Blatt Nr. 5534 Lehesten (Bayerische Anteile). – 61 S., 3 Abb., 2 Tab., 3 Beil., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1982.

HORSTIG, G. v. & STETTNER, G. (1962): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000 Blatt Nr. 5636 Naila. – 192 S., 23 Abb., 6 Beil., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1962.

HORSTIG, G. v. & STETTNER, G. (1970): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000 Blatt Nr. 5736 Helmbrechts. – 176 S., 33 Abb., 1 Tab., 3 Beil., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1970.

HORSTIG, G. v. & S.TETTNER, G. (1976): Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 5735 Schwarzenbach am Wald. – 178 S., 20 Abb., 11 Tab., 5 Beil., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1976.

KLINKHAMMER, B. F. (1962): Ultrabasite des Ostbayerischen Grenzgebirges. – 181 S., 73 Abb., 31 Tab., Inaugural-Dissertation, Universität d. Saarlandes, Saarbrücken 1962.

KLINKHAMMER, B. F. & ROST, F. (1967): Die Serpentinite des Oberpfälzer Waldes. – Der Aufschluß, Sonderheft **16:** (Oberpfalz), S. 112–136, 20 Ab., 3 Tab., Heidelberg 1967.

KLINKHAMMER, B. F. & ROST, F. (1975): Die Serpentinite des Oberpfälzer Waldes. – Der Aufschluß, Sonderband **26:** (Oberpfalz), S. 39–64, 20 Abb., 5 Tab., Heidelberg 1975.

LEMCKE, E. (1940): Dunkle polierbare Gesteine des Bayerischen Waldes. – Z. prakt. Geol., **49:** 1940, Halle/Saale 1940.

MADEL, J., PROPACH, G. & REICH, H. (1968): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000 Blatt Nr. 6945 Zwiesel. – 88 S., 17 Abb., **4** Beil., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1968.

MATTHES, S. (1951): Die kontaktmetamorphe Überprägung basischer kristalliner Schiefer im Kontakthof des Steinwald-Granits nördlich von Erbendorf in der bayerischen Oberpfalz. – N. Jb. Miner., Abh., **82:** S. 1–92, 39 Abb., 2 Tab., Stuttgart 1951.

MAURITZ, W. (1980): Kalenborn Handbuch – Verschleißschutz, Gleitförderung, Kunststoff-Anlageteile. – 147 S., 3. Aufl. (Strüder-Druck) Neuwied 1980.

MEHLING, G. (1973): Unter Mitarbeit von APPEL, L.†, BAUR-CALLWEY, K., FUCHS, R., MÜLLER, F., OBERMAIER, J. & WEBER, S.: Naturstein-Lexikon. – 648 S., München (Verlag Georg D. W. Callwey) 1973.

MIELKE, H. (1982): Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 6037 Ebnath. – 115 S., 19 Abb., 4 Tab., 4 Beil., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1982.

MINERALOGISCHES LABORATORIUM und GEOLOGISCHE SAMMLUNG DER KGL. TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZU MÜNCHEN (1896): Nutzbare Gesteine und Mineralien des Königreichs Bayern auf der Bayer. Landes-Industrie-, Gewerbe- und Kunst-Ausstellung zu Nürnberg 1896. – S. 1–9, München (Nationale Verlagsanstalt, Buch- und Kunstdruckerei, Act.-Ges., München-Regensburg) 1896.

MÜLLER, F. (1979): Bayerns steinreiche Ecke. – Erdgeschichte-Gesteine-Minerale-Fossile von Fichtelgebirge, Frankenwald, Münchberger Masse und nördl. Oberpfälzer Wald. – 272 S., 458 Abb., (Oberfränkische Verlagsanstalt und Druckerei GmbH) Hof/Saale 1979.

MÜLLER, F. (1979): Internationale Naturstein-Kartei. – Granite. – 2. Bd.,(Ebner-Verlag) Ulm.

MÜLLER, F.: Internationale Naturstein-Kartei. – Granit, Verwandte von Granit, Orthogneis, Foidgesteine. – 3. Bd., (Ebner-Verlag) Ulm.

MÜLLER, F.: Internationale Naturstein-Kartei. – Syenit, Larvikit, Tonalit, Diorit, Monzonit, Charnockit, Gabbro, sonstige Tiefengesteine. – 4. Bd., (Ebner-Verlag) Ulm.

MÜLLER, F.: Internationale Naturstein-Kartei. – Ergußgesteine: Rhyolith, Trachyt, Andesit, Basalt, Diabas, Pikrit, Foidite. – 5. Bd., (Ebner Verlag) Ulm.

MÜLLER, F.: Internationale Naturstein-Kartei. – Marmor, Ophicalcit, Onyx. – 9. Bd., (Ebner Verlag) Ulm.

ÖBECKE, K. (1906): Nutzbare Mineralien, Gesteine, Mineralwässer Bayerns. – 1906.

OKRUSCH, M. (1963): Bestandsaufnahme und Deutung dioritartiger Gesteine im südlichen Vorspessart. Ein Beitrag zum Dioritproblem. – Geologica Bavarica, **51:** S. 4–107, 34 Abb., 28 Tab., 3 Beil., München 1963.

OKRUSCH, M., STREIT, R. & WEINELT, W. (1967): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000 Blatt Nr. 5920 Alzenau i. Ufr. – 336 S., 48 Abb., 25 Tab., 5 Beil., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1967.

OKRUSCH, M. & WEINELT, W. (1965): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000 Blatt Nr. 5921 Schöllkrippen. – 327 S., 53 Abb., 10 Tab., 3 Beil., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1965.

OTT, W.-D. (1979): Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 6942 St. Englmar. – 65 S., 5 Abb., 2 Tab., 4 Beil., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1979.

PRIEHÄUSSER, M. (1910): Die nutzbaren Gesteine des Fichtelgebirges. I. Beiträge zur Geschichte der Steinindustrie im Fichtelgebirge. – 19. Bericht des naturwiss. Ver. Landshut, S. 46–114, 1907, Landshut 1910.

REIS, O. M. (1935): Die Gesteine der Münchner Bauten und Denkmäler. – 243 S., München 1935.

RICHTER, D. & VILLWOCK, R. (1960): Die Rotliegend-Vulkanite am Westrand des Fichtelgebirges. – N. Jb. Miner., Abh., **95:** S. 88–105, Stuttgart 1960.

RICHTER, P. & STETTNER, G. (1979): Geochemische und petrographische Untersuchungen der Fichtelgebirgsgranite. – Geologica Bavarica, **78:** 144 S., 70 Abb., 7 Tab., 9 Beil., München 1979.

ROST, F. (1949): Das Serpentinit-Gabbro-Vorkommen von Wurlitz und seine Mineralien. (Grünschieferzone der Münchberger Gneismasse). – Heidelb. Beitr. Miner. u. Petrogr., **1**: S. 626–688, 42 Abb., 18 Tab., Heidelberg 1949.

ROST, F. (1956): Ultrabasische Gesteine der Münchberger Gneismasse. – Geologica Bavarica, **27**: S. 175–231, 19 Abb., 7 Tab., 14 Taf., München 1956.

ROST, F. (1960): Die Granite des Fichtelgebirges, ihre Steinbrüche und ihre Industrie. – Der Aufschluß, Sonderheft **8**: S. 64–70, 8 Abb., Heidelberg 1960.

SALAMAT-BAKHCH (1975): Zur Geochemie und Petrographie von Lamprophyren des Fichtelgebirges. – Inaugural-Dissertation Universität Würzburg 1975.

SCHMELLER, J. A. (1983): Bayerisches Wörterbuch. – 4. Neudruck der von G. K. FROMMANN bearbeiteten 2. Ausgabe, München 1872–1877, in 2 Bänden. – R. OLDENBOURG VERLAG MÜNCHEN WIEN SCIENTIA VERLAG AALEN, 1983.

SCHMID, H. & WEINELT, W. (1974): Die Bodenschätze in Bayern. – In: Bericht des Bayerischen Oberbergamtes und des Bayerischen Geologischen Landesamtes, 42 S., 4 Anl., München 1974.

SCHMID, H. & WEINELT, W. (1975): Bericht des Bayerischen Geologischen Landesamtes über Verbreitung, Aufbau und Bitumengehalt des Lias-Epsilon in Bayern. – 28. S., mit einer Karte der Verbreitung des Lias-Epsilon i. M. 1:100 000 (2-teilig) und einer Karte der Überbauung des Lias-Epsilon i. M. 1:100 000 (2-teilig), München 1975.

SCHMID, H. & WEINELT, W. (1978): Lagerstätten in Bayern. Erze, Industrieminerale, Salze und Brennstoffe. Mit einer Lagerstättenkarte 1:500 000. – Geologica Bavarica, **77**: 160 S., 1 Beil., München 1978.

SCHMIDT, A. (1903): Die Granitgewinnung und Verarbeitung im Fichtelgebirge. – M.-Schrift. f. d. Steinbruchgen., **18.**: 6, S. 96, 1903.

SCHMIDT, A. (1906): Die Steinindustrie im Fichtelgebirge. – Steinbruch, H. 18, 1906, H. 1, 1907.

SCHMIDT, A. (1907): Die Granitgewinnung im Fichtelgebirge. – Baumaterialienkunde, H. 5 und 6, 1907.

SCHMIDT, A. (1910): Die Granitgewinnung im Fichtelgebirge, ihre Geschichte und Rechtsverhältnisse. – Steinbruch, Nr. 21, 22, 24, 1910.

SCHREYER, W. (1959): Der Granit von Neustift bei Vilshofen in Niederbayern. – Geologica Bavarica, **39**: S. 3–28, 14 Abb., München 1959.

SCHREYER, W. (1962): Das Moldanubikum um Vilshofen in Niederbayern. – Beih. Geol. Jb., **49**: 121 S., 21 Abb., 11 Taf., Hannover 1962.

SCHREYER, W. (1967): Das Grundgebirge in der Umgebung von Deggendorf an der Donau. – Geologica Bavarica, **58**: S. 77–85, 3 Abb., München 1967.

STETTNER, G. (1958): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000 Blatt Nr. 5937 Fichtelberg. – 116 S., 29 Abb., 3 Beil., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1958.

STETTNER, G. (1959): Die Lagerstätte des Specksteins von Göpfersgrün-Thiersheim im Fichtelgebirge. – Geologica Bavarica, **42**: 72 S., 40 Abb., München 1959.

STETTNER, G. (1960): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000 Blatt Nr. 5836 Münchberg. – 163 S., 17 Abb., 4 Beil., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1960.

STETTNER, G. (1960): Über Bau und Entwicklung der Münchberger Gneismasse. – Geol. Rdsch., Bd. **49/2**: S. 350–375, 3 Abb., Stuttgart 1960.

STETTNER, G. (1964): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000 Blatt Nr. 5837 Weißenstadt. – 194 S., 36 Abb., 1 Beil., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1964.

STETTNER, G. (1975): Zur geologisch-tektonischen Entwicklung des Oberpfälzer Grundgebirges. – Der Aufschluß, Sonderband **26:** (Oberpfalz), S. 11–38, 7 Abb., 3 Tab., Heidelberg 1975.

STETTNER, G. (1977): Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 5936 Bad Berneck. – 225 S., 21 Abb., 48 Tab., 7 Beil., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1977.

STETTNER, G. (1980): Zum geologischen Aufbau des Fichtelgebirges. – Aufschluß, **31:** S. 391–403, 2 Abb., Heidelberg 1980.

STREIT, F. (1913): Die Granitindustrie des Fichtelgebirges. – Eduard-Pohls-Verlag, München 1913.

STREIT, R. & WEINELT, WL (1971): Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 6020 Aschaffenburg. – 398 S., 52 Abb., 14 Tab., 5 Beil., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1971.

STRUNZ, H. & MÜCKE, A. (1975): Die Granite der nördlichen Oberpfalz – Der Aufschluß, Sonderband **26:** (Oberpfalz), S. 105–116, 18 Abb., Heidelberg 1975.

TROLL, G. (1964): Das Intrusivgebiet von Fürstenstein (Bayerischer Wald). – Geologica Bavarica, **52:** 140 S., 23 Abb., 12 Tab., 4 Diagr., 5 Taf., 1 geol. K., München 1964.

TROLL, G. (1967): Führer zu geologisch-petrographischen Exkursionen im Bayerischen Wald. Teil I: Aufschlüsse im Mittel- und Ostteil. – Mit Beiträgen von DOLLINGER, U., DÜRR, S., GRAUERT, B., LIST, F. K., MADEL, J., SCHREYER, W., TROLL, G. & WINTER, H. – Geologica Bavarica, **58:** 188 S., 69 Abb., 6 Tab., 1 Geol. Kart. 1:100 000, München 1967.

TROLL, G. (1968): Gliederung der redwitzitischen Gesteine Bayerns nach Stoff- und Gefügemerkmalen. – Teil I: Die Typlokalität von Marktredwitz in Oberfranken. – Bayerische Akademie der Wissenschaften, Mathematisch-Naturwissenschaftliche Klasse, Abh., N.-F., **133,** 86 S., 7 Taf., 32 Abb., 21 Tab., 2 Beil., München 1968.

TROLL, G. & BAUBERGER, W. (1968): Führer zu geologisch-petrographischen Exkursionen im Bayerischen Wald. Teil II: Aufschlüsse im Westteil: Regensburger Wald. – Mit Beiträgen von ANDRITZKY, G., BAUBERGER, W., HERGET, G., KÖHLER, H., SCHRICKE, W., TILLMANN, H. & TROLL, G. – Geologica Bavarica, **59:** 88 S., 32 Abb., 4 Tab., 1 Geol. Kart. 1:100 000, München 1968.

VOLL, G. (1960): Stoff, Bau und Alter in der Grenzzone Moldanubikum/Saxothuringikum in Bayern unter besonderer Berücksichtigung gabbroider, amphibolitischer und kalksilikatführender Gesteine. – Beih. Geol. Jb., **42:** 382 S., 5 Taf., 96 Abb., 17 Tab., Hannover 1960.

WEINELT, G. (1979): Das Glasgewerbe im Bayerischen Wald – eine Analyse unter historischem und soziokulturellem Aspekt mit besonderer Berücksichtigung des Glasmacherortes Frauenau – 124 S., 32 Abb., 1 Kart., 1 Beil., Zulassungsarbeit zur 1. Prüfung für das Lehramt an Volksschulen in Landes- und Volkskunde, ehem. Fachbereich Erziehungswissenschaften der Universität München, München 1979.

WEINELT, WL (1959): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000 Blatt Nr. 7347 Hauzenberg (Teilkartierung). – München (Bayer. Geol. L.-Amt) Manuskript 1959.

WEINELT, WL (1962): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000 Blatt Nr. 6021 Haibach. – 246 S., 41 Abb., 4 Tab., 2 Beil., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1962.

WEINELT, WL (1966): Geologischer Aufbau und Lagerstätten. – In: Raumordnungsplan Unterer Bayerischer Wald. – Bayer. Staatsministerium für Wirtschaft und Verkehr – Landesplanungsstelle, mit 1 Geol. Karte i. M. 1:200 000, München 1966.

WEINELT, WL (1977): Fachbeitrag des Bayerischen Geologischen Landesamtes zur Gewinnung und Sicherung von Steinen und Erden in der Region 11 – Regensburg (Teil I: Kristallines Grundgebirge). – 13 S., 5 Tab., 1 Übersichtskarte der Region 11 – Regensburg (Teil I: Kristallines Grundgebirge) i. M. 1:100 000 mit den Hauptverbreitungsgebieten der Steine und Erden, den Gewinnungsstellen und Rohstoff-Vorbehaltsflächen u. 1 Karte der Rohstoff-Vorrangflächen und Rohstoff-Vorbehaltsflächen i. M. 1:50 000 (5 Blätter), München 1977.

WEINELT, WL (1977): Fachbeitrag des Bayerischen Geologischen Landesamtes zur Gewinnung und Sicherung von Steinen und Erden in der Region 6 – Oberpfalz-Nord (Teil I: Kristallines Grundgebirge). – 19 S., 6 Tab., 1 Übersichtskarte der Region 6 – Oberpfalz-Nord (Teil I: Kristallines Grundgebirge) i. M. 1:100 000 mit den Hauptverbreitungsgebieten der Steine und Erden, den Gewinnungsstellen und Rohstoff-Vorbehaltsflächen u. 1 Karte der Rohstoff-Vorrangflächen und Rohstoff-Vorbehaltsflächen i. M. 1:50 000 (6 Blätter), München 1977.

WEINELT, WL (1977): Fachbeitrag des Bayerischen Geologischen Landesamtes über Natursteinvorkommen im Bereich von in der Region 12 – Donau-Wald bestehenden Schotterwerken. – 16 S., 1 Übersichtskarte der Region 12 – Donau-Wald i.M. 1:400 000 mit Eintragung der Hauptverbreitungsgebiete der wichtigsten Festgesteine und der Standorte der z.Zt. bestehenden Schotterwerke, München 1977.

WEINELT, WL (1980): Fachbeitrag des Bayerischen Geologischen Landesamtes zur Gewinnung und Sicherung von Natursteinen in der Region 12 – Donau-Wald (Teil I: Kristallines Grundgebirge). – 21 S., 8 Tab., 1 Übersichtskarte der Region 12 – Donau-Wald (Teil I: Kristallines Grundgebirge) mit den Hauptverbreitungsgebieten der Natursteine und den Gewinnungsstellen i.M. 1:100 000 mit 1 Legende u. 1 Karte der Rohstoff-Vorrangflächen und Rohstoff-Vorbehaltsflächen i. M. 1:50 000 (8 Blätter), München 1980.

WEINELT, WL, SCHMEER, D. & WILD, A. (1965): Durchbrüche jungtertiärer Vulkanite im westlichen kristallinen Vorspessart. – Geologica Bavarica, **55:** S. 317–340, 18 Abb., München 1965.

WILLMANN, K. (1920): Die Redwitzite, eine neue Gruppe von granitischen Lamprophyren. – Z. Deutsch. Geol. Ges., **71,** Jg. 1919, Abh., Nr. 1/2, S. 1–33, 1 Taf., 1 Fig., Berlin 1920.

WURM, A. (1932): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000 Blatt Nr. 82 Wunsiedel. – 50 S., 11 Abb., 6 Taf., München (Geol. Landesuntersuchung am Bayerischen Oberbergamt) 1932.

WURM, A. (1961): Geologie von Bayern, Frankenwald, Münchberger Gneismasse, Fichtelgebirge, Nördlicher Oberpfälzer Wald. – 2. Aufl., 555 S., 157 Abb., 13 Taf., 6 Beil., Berlin-Nikolasee (Gebrüder Borntträger) 1961.

ZAGAR, L. & SCHAEFER-ROLOFFS, W. (1981): Untersuchungen von magmatischen Gesteinen im Hinblick auf ihre Verwendbarkeit für die Herstellung von Gesteinsfasern. – Sprechsaal, 7/81, S. 498–511, 3 Abb., 36 Tab., Coburg 1981.

Grauwacke, Quarzite, Schiefer

(HERMANN WEINIG)

Dachschiefer

Im Frankenwald wurden im Laufe der Zeit Tonschiefer verschiedener Altersstellung durch Abbaue und Abbauversuche unterschiedlicher Intensität auf ihre Verwertbarkeit als Dachschiefer erkundet. Nur wenige Vorkommen dienten gewerblicher Nutzung in nennenswertem Umfang. Die Dachschiefergewinnung spielte auf bayerischem Gebiet im Vergleich zur bedeutenden thüringischen Dachschieferindustrie bei Lehesten und Probstzella seit jeher nur eine untergeordnete Rolle, da die Schiefergewinnung kaum überörtliche Bedeutung hatte. Nach dem Kriege führte die Abtrennung der thüringischen Lagerstätten zu gewissen Aufsuchungs- und Abbauaktivitäten im Frankenwald. So wurden zu Beginn der 50er Jahre bei Ebersdorf, Ludwigstadt, Dürrenwaid, Eisenbühl und Tiefengrün Brüche bzw. Untertageabbaue auf Dachschiefer betrieben. Heute besteht noch eine Untertagegewinnung bei Lotharheil.

Innerhalb der ausgedehnten Verbreitungsgebiete der paläozoischen Tonschiefer, die im Normalfalle aus Muskovit bzw. Serizit, Chlorit und Quarz in wechselnden Anteilen sowie kohligem Pigment bestehen, erreichen nur geringmächtige Zonen die Qualität von Dachschiefern, die folgende Eigenschaften aufweisen sollen:

Der Tonschiefer soll frei sein von sandig-siltigen Anteilen und darf keine störenden Beimengungen von Sulfiden oder bituminösen Stoffen, ebenso keinen zu hohen Kalkgehalt aufweisen. Diese Eigenschaften sind eine wichtige Voraussetzung für die Wetterbeständigkeit des Schiefers, die für die bayerischen Vorkommen häufig gegeben ist.

Entscheidend für die Verwertbarkeit eines Tonschiefers als Dachschiefer ist jedoch die Ausbildung seiner Schieferung. Die Schiefer müssen dünnplattig, ebenflächig spaltbar sein, sollen andererseits aber nicht aufblättern. Vorteilhaft sind Schieferdicken von ca. 0,5 cm. Der Idealfall gut ausgeprägter Schieferung ist dann gegeben, wenn die Schichtflächen des Tonsteins mit der durch die tektonische Beanspruchung des Gebirges entstandenen Schieferung gleichgerichtet sind. Dies trifft auf bayerische Vorkommen nur selten zu. Die Schiefer lassen sich daher oft schwerer spalten. Es fallen dickere Tafeln an, womit sich die Deckfähigkeit des Schiefers (Dachfläche in m^2, die man mit 1 Zentner Schiefer decken kann) verschlechtert. Die Deckfähigkeit eines guten Schiefers soll mindestens 1,6 m^2/Ztr. betragen.

Schließlich muß sich Dachschiefer gut verarbeiten lassen, d. h. sie dürfen trotz hoher Festigkeit (Klingen beim Anschlagen) nicht spröde sein und sollen bei der Bearbeitung senkrecht zur Tafelfläche oder beim Nageln nicht zum Splittern neigen.

Im folgenden sollen die Dachschiefergesteine des Frankenwaldes bzw. ihre Gewinnungsstellen in kurzer Form aufgeführt werden:

Dachschiefer des Ordoviziums (300)

An der Basis der Phycodenschichten ist mit dunkel- bis schwarzgrauen, feinsandigen Schiefern ein Horizont entwickelt, der stellenweise Dachschieferqualität in Mächtigkeiten von wenigen Metern aufweist. Dieser „Dachschieferhorizont" läßt sich NO-streichend von Martinlamitz über Rehau bis Oberprex (östlich Regnitzlosau) verfolgen. Seit langem aufgelassene Gewinnungsstellen befinden sich am Lamitzufer (3 Brüche), an der Steinleite westlich Rehau sowie weiter nordöstlich im Hirschgrund und bei Dobeneck südlich Oberprex.

Die Griffelschiefer (vgl. Nr. 303) der Gräfenthaler Schichten können örtlich Dachschieferausbildung annehmen. Dies ist im Gebiet beiderseits der Saale südlich Hirschberg der Fall. Vor allem bei Tiefengrün erreichen die Griffelschiefer infolge gleichgerichteter Schicht- und Schieferflächen gute Dachschieferqualität nach Spaltbarkeit und Ausbildung der Schiefer (Deckfähigkeit etwa 1,8 m^2/Ztr.). Sie wurden dort nach dem Krieg abgebaut. Da jedoch die Mächtigkeit des mehrfach versetzten Dachschieferlagers (bis zu 3 m) einen wirtschaftlichen Abbau nicht zuließ, wurde die Untertagegrube 1959 stillgelegt.

Weitere, ältere Abbaue auf Dachschiefer im Bereich der Griffelschiefer bestanden z. B. im Erling östlich Berg oder im Leuchtholz nordwestlich Isaar sowie an der Fischbachmühle bei Lauenstein (nordwestlich Ludwigstadt). Gräfenthaler Schichten sind in dem schmalen, mehrfach tektonisch versetzten und unterbrochenen Tonschieferausstrich, der den gesamten Südostrand der Münchberger Gneismasse zwischen Bad Berneck und Rehau begleitet und bis zum Dreiländereck verläuft, stellenweise dachschieferartig ausgebildet. Abbaue bestanden z. B. im Raum Rehau – Schwarzenbach a. d. Saale und im Gebiet Zell – Walpenreuth. Größere Vorräte an Dachschiefer sind nach den bisherigen Erfahrungen und Aufsuchungsarbeiten in keinem der ehemaligen Gewinnungsgebiete zu erwarten.

Dachschiefer des Devons

Im Raum Ludwigstadt wurden devonische Tonschiefer auf dem Gipfel und am Osthang des Winterberges, am Mühlberg (südöstlich bzw. östlich Ludwigstadt) wie auch südlich Katzwich im Taugwitztal ehemals in größerem Umfang gewonnen. Devonischen Alters sind beispielsweise auch die unmittelbar jenseits der Grenze östlich Steinbach a. d. Haide abgebauten Schiefer. Die bayerischen Vorkommen ließen jedoch wegen ihrer geringen Härte und vielfach schnittiger (klüftiger) Beschaffenheit der Schiefer auf Dauer keine wirtschaftliche Gewinnung von Dachschiefer zu.

Dachschiefer des Unter-Karbons (301)

Die Lehestener Schichten, eine viele 100 m mächtige, verfaltete Wechselfolge aus Tonschiefern und Grauwacken bzw. Quarziten, können in verschiedenen Horizonten nach Art von Dachschiefern ausgebildet sein. Diese Vorkommen stellen die wichtigsten Dachschieferlagerstätten im thüringisch-bayerischen Schiefergebirge dar. Während sie in Thüringen die Grundlage einer bedeutenden

Dachschieferindustrie bilden, sind die zahlreichen bayerischen Gewinnungsstellen mit Ausnahme der Schiefergrube bei Lotharheil stillgelegt. Die wichtigsten Dachschieferreviere sollen im folgenden in kurzer Form aufgeführt werden.

Dem Unteren Dachschiefer (bzw. Hauptdachschiefer) sind die Schiefervorkommen südlich Ebersdorf zuzuordnen, die einen Schieferkomplex von insgesamt 2,5 x 0,7 km Ausdehnung bilden. Diese Schiefer sind dem größten Teil der sehr gut spaltenden Schiefer von Lehesten – Schmiedebach stratigraphisch äquivalent. Bei Ebersdorf handelt es sich zwar um guten, wetterbeständigen Schiefer, dessen Spaltbarkeit jedoch wechselnd ausgebildet ist, so daß auch dicktafeliges Material anfällt. Die bisher in 4 größeren Brüchen über eine Breite von bis zu 50 m abgebauten, steil einfallenden Schiefer konnten etwa zu 5% verwendet werden. Obwohl eine Fortsetzung der Schieferlager anzunehmen ist, erfüllten die Vorkommen nicht die Voraussetzungen eines wirtschaftlichen Abbaus. Der letzte Steinbruch wurde zu Beginn der 50er Jahre aufgelassen. Ein kleinerer Zug von Hauptdachschiefer nordwestlich Tettau (1,5 x 0,25 km) wurde bisher nicht genutzt.

In der Blintendorfer Kulmmulde sind von Marxgrün bis nördlich Eisenbühl Tonschiefer vertreten, die jahrhundertelang in mehreren Brüchen, vor allem westlich Eisenbühl, zuletzt durch eine 1953 stillgelegte Untertagegrube, als Dachschiefer abgebaut wurden. Nach Stoffbestand und Spaltbarkeit stellten die dunklen, metallisch glänzenden Eisenbühler Schiefer ausgezeichnetes, wetterfestes Material sehr guter Spaltbarkeit dar. Die gute Qualität ist z. B. durch das seit 300 Jahren mit Eisenbühler Schiefer gedeckte Schloß Blankenstein belegt. Auch viele ältere Häuser der Umgebung tragen diesen Schiefer.

Guter Schiefer ist jedoch auf bestimmte Zonen der immer wieder tektonisch oder durch Quarzdurchtrümerung gestörten Tonschiefer beschränkt. Die Schwierigkeit, solche Zonen in wirtschaftlicher Weise zu erschließen, brachte den Abbau zum Erliegen.

Im Verband mit Bordenschiefer-Wechselfolgen finden sich Dachschiefer, auf die bereichsweise Abbau umging. (Bordenschiefer selbst sind Tonschiefer mit feinsandig-siltiger Bänderung, die beim angewitterten Stein simsartig („bordig") hervortritt. Die feinklastischen Zwischenlagen verhindern im allgemeinen eine dachschieferartige Spaltbarkeit).

Die Bordenschieferfolge westlich Dürrenwaid enthält mit dem steil nach NW einfallenden Dürrenwaider Dachschieferlager eine Schieferzone, in dem feinklastische Einlagerungen weitgehend zurücktreten. Durch Abbau und Kartierung konnte das Schieferlager auf 2,5 km Länge, im wesentlichen NO-streichend, beiderseits des Olsnitztales verfolgt werden.

Die Schiefer erreichen, soweit bisher festzustellen, bis zu 10 m Mächtigkeit und werden von einer bis 2 m mächtigen, harten quarzitischen Bank (Quarzkeratophyrtuff) in ein hangendes und liegendes Dachschieferlager unterteilt. Das vom Stoffbestand her gute Schiefermaterial spaltet infolge seines schwach „bordigen" Charakters eher dickplattig, obwohl Schichtung und Schieferung in einer Ebene zusammenfallen. Das früher in Steinbrüchen westlich Dürrenwaiderhammer und bei Lotharheil abgebaute Schiefermaterial war die Grundlage einer lebhaften Dachschieferindustrie.

Heute wird bei Lotharheil eine Untertagegrube, derzeit der einzige Schieferabbau des Frankenwaldes, betrieben. Das Material wird allerdings nicht mehr zu Dachschiefer verarbeitet, sondern der im Block gewonnene dunkelblaugraue bis schwarze, mattglänzende (nicht polierfähige) Stein (Frankenwaldschiefer) wird nach Bedarf zu verschieden dicken Platten gespalten. Diese dienen hauptsächlich zur Herstellung von Boden- und Wandplatten im Innenbereich, zur Verkleidung von Außenfassaden, als Gehwegbelag oder als Mauerstein. Im Bereich der Innenarchitektur finden die Schiefer außerdem u. a. Verwendung etwa als Fensterbänke, Tischplatten oder Kaminverkleidung. Ein spezielles Produkt sind Elektroschalttafeln.

Auch im Bereich der Oberen Bordenschiefer des nordwestlichen Frankenwaldes nimmt in Teilbereichen die feinsandig-siltige Feinschichtung ab, wodurch in Verbindung mit schichtparalleler Schieferung dachschieferartige Ausbildung der Tonschiefer entstehen kann. Im Gegensatz zum Hauptdachschiefer (Unterer Dachschiefer) an der Basis der Lehestener Schichten bilden diese als Oberer Dachschiefer bezeichneten Schichten den oberen Abschluß der Lehestener Schichten.

Schiefer guter Qualität treten nur in geringmächtigen Zonen auf. Zusätzlich zu tektonischen Störungen treten häufig bordige Schiefer verminderter Spaltbarkeit, teils auch pyritführende Lagen auf, so daß aus heutiger Sicht bauwürdige Vorkommen zumindest an Dachschiefer nach bisheriger Erfahrung nicht zu erwarten sind. Mehrere alte Schieferbrüche befinden sich z. B. an den Hängen des Doberbachtales 2 km östlich Reichenbach. Auch 2 km südwestlich der Dobermühle oder im Tal der Tschirner Ködel südöstlich Tschirn wurde Dachschiefer gewonnen.

Zusammenfassend ist festzustellen, daß die Tonschiefer des Frankenwaldes nach bisheriger Erfahrung kaum Dachschieferqualität in bauwürdiger Ausdehnung erreichen. Da in vielen Fällen Schiefer guter technischer Qualität, jedoch mäßiger Spaltbarkeit vorliegt, besteht eher die Möglichkeit zur Gewinnung dicker spaltender Wand- oder Bodenplatten.

Abschließend sei eine andere Verwendungsmöglichkeit von Tonschiefer angeführt, die künftig von Interesse sein könnte. Aus gewissen Tonschiefern lassen sich Blähton-Granulate herstellen, die als Isolationsmaterial für Wärme und Schall bzw. als Zuschlagstoff z. B. für Leichtbaustoffe zu verwenden wären. Erfolgreiche Versuche wurden beispielsweise an Tonschiefern der Teuschnitzer Schichten durchgeführt.

Griffelschiefer (302)

Zwischen den häufig quarzitischen Phycodenschichten (Phycodenquarzit) und dem Hauptquarzit bzw. zwischen thuringitischen Erzhorizonten liegen im Verband der Gräfenthaler Schichten die bis über 100 m mächtigen Unteren Schiefer, die bereichsweise als Griffelschiefer ausgebildet sein können. Dies ist dann der Fall, wenn die normalerweise einfach geschieferten (plattig aufspaltenden) Tonsteine zusätzlich an transversal verlaufenden Schiefer- oder Schichtflächen scheitartig bzw. im Kleinen stengelig-griffelartig absondern. Die Ausbildung als Griffelschie-

fer ist von Richtung und Ausmaß der tektonischen Beanspruchung der Schieferabfolge durch die gebirgsbildenden Kräfte abhängig und kann daher von Ort zu Ort wechseln. Der Tonstein selbst ist ein milder, dunkelgrauer, blaugrauer bis schwarzer, glanzlos matter Schiefer, dessen mittlere Härte neben der griffeligen Absonderung seine Eignung als Schreibgriffel bedingte.

Vom thüringischen Hauptverbreitungsgebiet der Griffelschiefer in der Umgebung von Spechtsbrunn, Haselbach, Steinach reichen Griffelschiefer nach Bayern hinein, die am Nordhang des Taugwitztales nördlich Ebersdorf in mehreren kleinen Brüchen gewonnen und zu Schreibgriffeln verarbeitet wurden. Dabei werden die im Steinbruch anfallenden Tonschieferscheite in entsprechende Länge zersägt, durch Hammerschlag in Griffel gespalten und maschinell gerundet. Der Abbau dürfte in den Jahren nach dem Kriege zum Erliegen gekommen sein.

Kieselschiefer (Lydit) (303)

Die gotlandischen Graptolithenschiefer des Frankenwaldes bestehen aus einer Wechsellagerung von Kieselschiefern und Tonschiefern (Alaunschiefer) bis zu 50 m Mächtigkeit. Besonders in der Umrandung der Münchberger Gneismasse herrschen Kieselschiefer vor. Die Abfolge ist dort in zahlreichen kleineren und mittleren, meist durch tektonische Linien begrenzten Vorkommen verbreitet.

Die plattig bis dünnbankig absondernden Kieselschiefer sind engständig geklüftet und lösen sich daher meist kleinstückig aus dem Verband. Die Schichtflächen sind uneben rauh, die Kluftflächen glatt. Kieselschiefer brechen muschelig bis splittrig mit glatten, glänzenden Flächen.

Das meist tiefschwarze Gestein besteht bis zu 95% aus SiO_2 und enthält geringe Anteile kohliger Substanz. Charakteristisch ist das fast immer vorhandene Netzwerk feiner, von weißem Quarz erfüllter, daher verheilter Trennflächen. Das dichte, spröde Gestein zeichnet sich durch besondere Härte aus.

Der stückige Zerfall der Kieselschiefer erlaubte eine Gewinnbarkeit ohne besonderen technischen Aufwand. Die Lydite wurden daher in zahlreichen kleineren Flachabbauen („Kiesgruben") häufig von Hand mit der Hacke gewonnen und als Straßenschotter verwendet. Heute dienen die Kieselschiefer nur noch gelegentlich zur Beschotterung von Feld- oder Waldwegen. Ständiger Abbau wird nirgends betrieben.

Die grauen Lydite der wesentlich weiter verbreiteten devonischen Kieselschieferserie wurden aufgrund weniger günstiger Absonderung und wegen ihres Zurücktretens hinter die wechsellagernden Tonschiefer vergleichsweise selten abgebaut.

Hauptquarzit (304)

Der Hauptquarzit der ordovizischen Gräfenthaler Schichten gehört zu den härtesten Gesteinen des Frankenwaldes, weshalb kurz auf ihn hinzuweisen ist.

Der Hauptquarzit bildet häufig eine Wechselfolge mit zurücktretenden Tonschiefern, was sich oft in felsigem Zutagetreten äußert. Da er mehrfach verfaltet ist, hat seine tatsächliche Mächtigkeit keine praktische Bedeutung.

Typischer Hauptquarzit kann als toniger bis quarzitischer, meist hellgrauer Feinsandstein bezeichnet werden. Die Hauptmasse (bis ca. 75%) besteht aus ungerundetem, 0,02 bis 0,2 mm großem Quarzkorn, 20 (bis 40)% serizitisch-chloritischer Grundmasse sowie Muskovitschuppen, Plagioklas, kohliger Substanz und Schwermineralakzessorien von insgesamt wenigen Prozent. Das Gestein sondert bankig bis plattig ab und bricht in scharfkantige, vieleckige Körper, die von geraden Schicht- und Kluftflächen begrenzt werden.

Vorkommen von Hauptquarzit bestehen nordwestlich Ludwigstadt (schmaler Streifen) im Raum Bad Steben, nördlich Isaar sowie in Wechsellagerung mit Lederschiefer zwischen Selbitz und Schlegel. Vor allem dort wurden die Quarzite in kleineren Steinbrüchen abgebaut und als Straßenbaumaterial verwendet.

Wetzsteinquarzit (305)

Da der Wetzsteinquarzit eine der markantesten und am weitesten verbreiteten Gesteinsserien des Frankenwaldes ist, soll er, obwohl derzeit nicht in Nutzung, kurz dargestellt werden. Namengebend ist der Wetzstein, ein Berg in Thüringen, 5 km nördlich von Tschirn.

Wetzsteinquarzit bezeichnet zunächst eine Gesteinsserie, die aus einer Wechsellagerung unterschiedlicher Sedimentgesteine, normalerweise aus Bordenschiefer (dunkelgrauer bis schwarzer Tonschiefer mit heller silbrig-feinsandiger Bänderung) und den eigentlichen Wetzsteinquarziten bestehen, denen gelegentlich auch Grauwacken zwischengeschaltet sind.

Die in typischer Ausbildung mittelgrauen, angewittert gelbgrauen feinkörnigen (Korngröße i. d. R. 0,03 bis 0,04 mm), quarzitischen Sandsteine bilden das charakteristische Gestein dieser Wechselfolge. Es besteht zu 65–80% aus Quarz und 20–30% aus serizitisch-chloritischer Matrix auch mit Muskovitschuppen. Beigemengt sind wenige Prozent kohlige Substanz und kaum 1% Feldspäte (Plagioklas). Auch Fremdgesteinskörner, z. B. Lydite, Kalzitkörner, können auftreten, womit sich bereits Übergänge zu Grauwackegesteinen andeuten. Echte, feinkörnige Grauwacken mit erkennbaren Tonschiefer-, Lydit-, Feldspat- sowie Kalk- bzw. Kalzitkörnern („Kalkgrauwacken") sind den Quarziten und Schiefern eingelagert und können bereichsweise sogar den Hauptanteil bilden.

Die Quarzite besitzen ebenso wie die Grauwacken große Härte. Sie brechen meist in scharfkantigen Brocken nach Kleinklüften, in Steinbrüchen tritt auch plattige Absonderung in den Vordergrund.

Das Hauptverbreitungsgebiet der Serie des Wetzsteinquarzites folgt dem allgemeinen Nordoststreichen der gefalteten Schichten. Es wird im Südosten durch das Tal der Rodach, im Nordwesten durch die Täler von Kronach und Grümpel begrenzt.

Die Abfolge des Wetzsteinquarzites stand früher in etlichen, meist kleineren Steinbrüchen in Abbau, allerdings nur dort, wo Quarzit- bzw. Grauwackelagen den überwiegenden Anteil des Schichtstoßes bilden. Besonders die Grauwacken wurden, da gut zu formatisieren, vor der Einführung der modernen Bauweise häufig zur Erstellung der Grundmauern von Gebäuden verwendet. Neben ihrer

Verwendung als Baustein dienten Quarzite und Grauwacken auch als Wegebaumaterial. Feinkörnige Sandsteine des Kulm (Wetzsteinquarzite?) wurden auch zu groben Wetzsteinen verarbeitet.

Wetzschiefer der Phycodenschichten

Die Phycodenschichten, die nordwestlich Ludwigstadt zwischen den Tälern von Taugwitz und Loquitz bis zur bayerischen Landesgrenze ihr Hauptverbreitungsgebiet besitzen, bestehen aus wechselnd aufeinanderfolgenden quarzitischen Tonschiefern und feinkörnigen Quarziten. Manche Bänke dieser Abfolge, besonders Schiefer mit feinstsandig quarzitischer Ausbildung eignen sich zur Herstellung von Wetzsteinen. Das wirklich gute Wetzsteinmaterial, das auch zum Schleifen feiner Instrumente geeignet ist, tritt jedoch nur in vereinzelten Bänken der mächtigen Abfolge auf.

Nordöstlich und westlich von Lauenstein wurden – ebenso wie auf thüringischem Gebiet – diese „Wetzschiefer" in kleinen Steinbrüchen und Stollen abgebaut. Nach einer Blüte während des 1. Weltkriegs kaum der Abbau in den Jahren danach mehr und mehr zum Erliegen.

Grauwacke (306)

Die Gesteinsbezeichnung stammt aus dem Harzer Bergbaurevier. Im Frankenwald treten Grauwacken in verschiedenen Abfolgen immer in Wechsellagerung mit anderen Gesteinen, in der Regel dunklen Tonschiefern oder Quarziten (vgl. Wetzsteinquarzit, Nr. 305) auf, wobei der Mengenanteil von Grauwacke und Tonschiefer einem starken Wechsel unterworfen ist. Praktische Bedeutung können heute nur Grauwackeserien mit einem möglichst geringen Tonschieferanteil (etwa 30%) erlangen.

Solche Grauwackeabfolgen stellen die Mittlere, besonders aber die Obere Grauwacke der unterkarbonischen Lehestener Schichten dar, die im Nordwesten des Wetzsteinquarzites zwischen den Talzügen von Kronach und Grümpel bzw. Dober-Bach und der bayerischen Landesgrenze im Westen weite Gebiete einnehmen und nur bereichsweise hinter Tonschiefer bzw. Konglomerate zurücktreten. Ein weiteres bedeutendes Verbreitungsgebiet von Grauwacke ist der 16 km lange Zug der Schneidberggrauwacke, der zwischen Thiernitztal – Schnaid und Hadermannsgrün – Berg als Höhenzug hervortritt und immer wieder von Gebieten stärkeren Tonschieferanteils unterbrochen wird.

Beide Hauptverbreitungsgebiete sind auf der Karte umrissen. Weitere Vorkommen von Grauwacke fallen demgegenüber nicht ins Gewicht. Die mehrere 100 m mächtigen Grauwackeserien sind in den Nordost-streichenden Faltenbau einbezogen und fallen in der Regel schräg bis steil ein.

Gesteinsausbildung und Eigenschaften: Grauwacken sind sandsteinartige, klastische Gesteine, deren Kornanteil neben Mineralkörnern auch Gesteinspartikel enthalten. Da die petrographische Zusammensetzung der Grauwacken Schwankungen unterworfen ist, kann keine allgemein gültige Charakteristik gegeben werden. Vorherrschendes Mineralkorn ist jedoch immer

mehr oder weniger kantiger Quarz mit etwa 30–80% und ein meist deutlich auffallender, oft aber auch nur einige Prozent betragender Feldspatanteil. An Gesteinskörnern treten in wechselndem Verhältnis und Gesamtanteil verschiedene Tonschiefer, Lydite, Quarzite bzw. Sandsteine, daneben teils auch karbonatisch-kalzitische Aggregate auf. Weitgehend fehlende Fremdkornbestandteile leiten in Verbindung mit hohem Quarzanteil zu gelegentlich quarzitischen Sandsteinen über. Die Bindung der Grauwacken beruht auf feiner, teils durch Neukristallisation hervorgegangener Matrix mit wechselnd quarzitischen, serizitisch-chloritischen, gelegentlich auch schwach karbonatischen Anteilen, die insgesamt etwa 5–20% des Gesteins ausmachen.

Grauwacken besitzen teils unsortierte, teils von Schicht zu Schicht wechselnde, häufig auch gradierte (d. h. in der Schicht nach oben verfeinerte) Kornzusammensetzung. Feinkörnige und mittelkörnige Gesteine herrschen vor. Gröberes Korn entfällt auf Gesteinspartikel.

Die in verschiedenen Grautönen auftretenden Gesteine treten in plattigen bis bankigen (bis 0,50 m), gelegentlich auch dicker bankigen ebenflächigen Schichten auf. Das sehr zähe, rauh brechende Gestein besitzt hohe Druckfestigkeiten, die sich in der Regel zwischen 100 und über 270 N/mm^2 bewegen und damit etwa den Diabasen an Festigkeit kaum nachstehen. Allerdings darf nicht auf ähnlich hohe Werte für Schlagzertrümmerung geschlossen werden, da immer ein gewisser weicherer Tonschieferanteil anfällt.

Grauwacken besitzen Rohdichten von in der Regel 2,6 – 2,65 g/cm^3 bei nur geringer Wasseraufnahme von etwa 1 Vol.-%. Frostbeständigkeit der Grauwacke ist nicht in allen Fällen gegeben. So können etwa die gröberkörnigen Gesteine, die einen höheren Tonschieferanteil enthalten, etwas frostanfällig sein. Die im Unterkarbon vorherrschenden fein- bis mittelkörnigen Typen sind jedoch in der Regel widerstandsfähig gegen Frosteinwirkung.

Gewinnung und Verwendung: Grauwacken wurden in früheren Jahrzehnten im Frankenwald in mindestens 50–60 Steinbrüchen abgebaut. Ihre Verwendung bestand hauptsächlich in der Zurichtung und Verbauung von Bruchsteinen für massives Mauerwerk, auch beim Bau von Gebäuden vor allem von Grundmauern. Dickere Bänke eigneten sich auch als Werksteine. Daneben stellten die Grauwacken das in ihrem Verbreitungsgebiet übliche Straßenbaumaterial dar.

Heute wird Grauwacke in größerem Umfang nur noch dort abgebaut, wo die Tonschieferzwischenlagen weniger als ein Drittel der Schichtfolge ausmachen, so in Förtschendorf und Gosberg. Die Grauwacken werden bis zu einem gewissen Grad von den zwischenlagernden Tonschiefern abgetrennt. Dadurch lassen sich in Form von Schotter, Splitt und Brechsand Straßenbaustoffe herstellen, die die Qualitätsanforderungen der Güteüberwachung erfüllen. Ein höherer Tonschieferanteil ergibt leicht bindiges, gut verdichtungsfähiges Material für ungebundene Tragschichten.

Darüberhinaus werden die Grauwacken auch zu Edelsplitten und Edelsanden verarbeitet, denen als Betonzuschlagstoff im kies- und sandfreien Frankenwald besondere technisch-wirtschaftliche Bedeutung zukommt.

Beim Abbau von Grauwacke ist darauf zu achten, daß bei zum Bruch hin einfallenden Schichten ein bestimmter Neigungswinkel, der mit 31–33° ermittelt wurde (KÖRNER & STEPHAN 1967), nicht überschritten und der Stau von Kluftwasser vermieden wird. Andernfalls besteht die Gefahr des Abgleitens von Grauwackeschichten auf Tonschieferlagen.

Stand 2000

Literatur

BAYERISCHES OBERBERGAMT (1924): Die nutzbaren Mineralien, Gesteine und Erden Bayerns. – I. Band, Frankenwald, Fichtelgebirge und Bayerischer Wald. – 220 S., München (Oldenbourg und Piloty & Loehle) 1924.

EMMERT, U. (1958): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000 Blatt Nr. 5738/5739 Rehau. – 111 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1958.

EMMERT, U., HORSTIG, G. v. & WEINELT, W. (1960): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000 Blatt Nr. 5835 Stadtsteinach. – 279 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1960.

EMMERT, U. & STETTNER, G. (1968): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000 Blatt Nr. 5737 Schwarzenbach a. d. sächs. Saale. – 236 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1968.

EMMERT, U. & HORSTIG, G. v. (1972): Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 5734 Wallenfels. – 240 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1972.

GANDL, J. (1964): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000 Blatt Nr. 5638 Bobenneukirchen. – 60 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1964.

HAHN, L. (1974): Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 5732 Sonnefeld. – 141 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1974.

HORSTIG, G. v. (1957): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000 Blatt Nr. 5637 Hof. – 111 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1957.

HORSTIG, G. v. (1964): Altpaläozoikum des Frankenwaldes und im Untergrund Nordbayerns. – In: Bayerisches Geologisches Landesamt: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:500 000, 2. Aufl.: 36–48, München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1964.

HORSTIG, G. v. (1966): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000 Blatt Nr. 5635 Nordhalben. – 168 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1966.

HORSTIG, G. v. (1979): Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 5633 Sonneberg (Bayer. Anteil) und zum Blatt Nr. 5634 Teuschnitz. – 166 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1979.

HORSTIG, G. v. (1981): Altpaläozoikum des Frankenwaldes. – In: Bayerisches Geologisches Landesamt: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:500 000, 3. Aufl.: 20–24, München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1981.

HORSTIG, G. v. (1982): Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zu Blatt Nr. 5434 Leutenberg, Blatt Nr. 5533 Spechtsbrunn, Blatt Nr. 5534 Lehesten (Bayerische Anteile). – 61 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1982.

HORSTIG, G. v. & STETTNER, G. (1962): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000 Blatt Nr. 5636 Naila. – 192 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1962.

HORSTIG, G. v. (1970): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000 Blatt Nr. 5736 Helmbrechts. – 176 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1970.

HORSTIG, G. v. (1976): Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 5735 Schwarzenbach am Wald. – 178 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1976.

KÖRNER, H. J. & STEPHAN, W. (1967): Standsicherheit und Bruch der Felsböschung im Grauwackensteinbruch Förtschendorf. - Z. deutsch. geol. Ges. **119:** 246–269, Jg. 1967, Hannover 1969.

MÜLLER, F. (1979): Bayerns steinreiche Ecke. – Erdgeschichte-Gesteine-Minerale-Fossile von Fichtelgebirge, Frankenwald, Münchberger Masse und nördl. Oberpfälzer Wald. – 272 S., 458 Abb., (Oberfränkische Verlagsanstalt und Druckerei GmbH) Hof/Saale 1979.

MÜLLER, F. (o. J.): Internationale Naturstein-Kartei. – Konglomerate, Breccien, Sandstein, Kalksandstein, Schiefer, 6. Bd., Ulm (Ebner-Verlag)

WURM, A. (1961): Geologie von Bayern. Frankenwald, Münchberger Gneismasse, Fichtelgebirge, Nördlicher Oberpfälzer Wald. – 555 S., 157 Abb., 13 Texttafeln und 6 Beilagetafeln. Berlin-Nikolassee 1961.

Alpine Karbonatgesteine

(ULRICH LAGALLY & WALTER STEPHAN)

Die bayerischen Alpen, die sich zwischen dem Bodensee im Westen und der Salzach im Osten über eine Entfernung von mehr als 260 km erstrecken und eine durchschnittliche Breite von 20–30 km erreichen, sind aus mehreren tektonisch-faziellen Einheiten unterschiedlichen Alters aufgebaut. Diese Einheiten sind von Süden nach Norden die kalkalpine (= oberostalpine) Zone, die Flysch-Zone, die Helvetikum-Zone und der gefaltete und verschuppte Teil der Molasse, die subalpine Molasse-Zone. In allen diesen Fazieszonen treten Karbonatgesteine (Kalke, Dolomite oder Mergel) auf, die an Vielfalt und Gesamtmächtigkeit die gröberklastischen Sedimente z. T. weit übertreffen.

Am bedeutendsten ist die Verbreitung von Karbonatgesteinen in der kalkalpinen Fazieszone, in deren ehemaligem Sedimentationsraum vor allem in der Trias mächtige Kalk- und Dolomitserien abgelagert wurden; auch in Jura und Kreide setzte sich die karbonatische Sedimentation fort, wurde jedoch in zunehmendem Maße durch gröberklastische Einschaltungen abgelöst. In der Helvetikum- und Flysch-Zone liegt das Hauptgewicht bei mergelig-sandigen Ablagerungen, doch sind auch dort noch häufig Kalke mit zum Teil beträchtlichen Mächtigkeiten zum Absatz gekommen.

Die Molassezone, das den sich hebenden Alpen vorgelagerte orogene Randbecken, nahm große Mengen von Abtragungsprodukten auf, die in bereichsweise mehrfach wechselndem Milieu abgelagert wurden. Im Bereich der Faltenmolasse kamen vorwiegend fein- bis grobklastische Sedimente – oft mit karbonatischem Bindemittel – zum Absatz, Kalke fehlen fast völlig.

Viele der alpinen Karbonatgesteine wurden, z.T. schon seit Jahrhunderten, wirtschaftlich genützt. Neben der nahezu immer und überall betriebenen Kalkbrennerei wurden am Anfang Kalke (oder sog. „Marmore") hauptsächlich als Bau- und Werksteine verwendet. Mit dem Aufkommen der Zementindustrie im letzten Jahrhundert trat ein neues Einsatzgebiet, das vor allem Mergel als Rohstoffe benötigte, in den Vordergrund. Im Zuge des Ausbaues des Eisenbahn- und Straßennetzes stieg schließlich der Bedarf an qualitativ gutem Schüttmaterial. Außer für den Trassenbau, bei dem auch geringwertige Kalke und Dolomite eingesetzt werden konnten, erfüllten neben Quarzsandsteinen auch manche Kalksteine die technischen Anforderungen für Gleisschotter; diesem Zweck dienen heute noch einige in Betrieb stehende Brüche. Die meisten anderen derzeitigen Abbaustellen liefern Material für chemisch-technische Betriebe, Kalk- und Zementwerke, zum Straßen- und Wegebau sowie zur Flußverbauung; nur an einer Stelle wird noch Kalkstein als Dekorationsstein gebrochen.

Im allgemeinen sind die in Abbau stehenden Kalksteine und Dolomite von Menge und Qualität her ausreichend, um die angesiedelten Betriebe auch auf längere Zeit mit Rohstoffen versorgen zu können. Bedingt durch wechselnde Zusammensetzung und jahrelangen Abbau der vor Ort anstehenden Mergelsteine muß bei Zement- und Kalkwerken teilweise Material aus größerer Entfernung angefahren werden, jedoch ist die Distanz derzeit noch wirtschaftlich vertretbar.

Die einzelnen alpinen Karbonatgesteine, die als mineralische Rohstoffe von Bedeutung sind, werden im folgenden nach großtektonischen Einheiten gegliedert abgehandelt.

Kalksteine der kalkalpinen Zone

Reichenhaller- (Gutensteiner) Kalk, Alpiner Muschelkalk, Partnachkalk (400)

Kalke der Reichenhaller Schichten und „Alpiner Muschelkalk" (im Osten z.T. Gutensteiner Kalk und Reiflinger Schichten), die beide der tieferen Mitteltrias zugerechnet werden, sowie die Kalke der Partnachschichten (Ladin) zeigen oft ähnliche Ausbildung und Faziesübergänge, so daß sie nicht immer ohne weiteres, z.T. auch nicht zu Recht, voneinander abzutrennen sind. Daher werden diese Kalksteine hier gemeinsam aufgeführt.

Im allgemeinen sind die Kalksteine der älteren Mitteltrias im bayrisch-tirolischen Raum als relativ schmale, Ost-West-verlaufende Bänder im Liegenden des an Mächtigkeit und morphologischer Erscheinung weit bedeutenderen Wettersteinkalkes aufgeschlossen. Sie finden sich als 50 m bis in seltenen Fällen 500 m mächtige Schichtpakete, die meist tektonisch verstellt sind.

Die Reichenhaller Schichten sind in den bayerischen Voralpen ca. 150 m mächtig, nehmen im Wetterstein- und Karwendelgebirge stellenweise bis auf 500 m zu, erreichen aber in den Berchtesgadener Alpen, wo sie vorwiegend kalkig ausgebildet sind, nur ca. 50 m.

Der Alpine Muschelkalk, verbreitet von den Ammergauer Bergen bis in den Berchtesgadener Raum, erreicht seine größte Mächtigkeit mit bis zu 500 m im Wetterstein- und Karwendelgebirge. Am Alpennordrand sowie nach Westen nimmt seine Mächtigkeit bis auf 100 m ab, nach Osten wird er zunehmend von Ramsaudolomit bzw. Gesteinen des Hallstätter Faziesraumes abgelöst.

Der Partnachkalk, der im bayerisch-tirolischen Ablagerungsraumes als Beckenfazies gleichzeitig mit dem Wettersteinkalk gebildet wurde, zeigt einen allmählichen Faziesübergang aus dem alpinen Muschelkalk. Die grauen Kalkbänke, die in einer Abfolge dunkler Mergel und Tone liegen, sind oft vom alpinen Muschelkalk nicht zu unterscheiden. Das Hauptverbreitungsgebiet dieser bis zu 600 m mächtigen Serie ist der mittlere Teil der bayerischen Kalkalpen; am Alpennordrand tritt sie an Bedeutung zurück.

Gesteinsausbildung und Eigenschaften: Die Kalksteine liegen meist als mittel- bis dunkelgraue Kalkpelite vor, die von Calcit-Gängen durchzogen sind. Die teils knolligen, teils plattigen Kalke führen oft Hornsteinnester, die perlschnurartig angeordnet sind; gelegentlich ist Kieselsäure auch fein verteilt. Besonders der dünnlagige (bis 0,2 m) alpine Muschelkalk zeigt wulstige Schichtflächen, sogenannte Wurstelbänke.

Der dickerbankige Partnachkalk (bis 2 m) ist weniger gleichmäßig grau, oft hell, z.T. auch geflammt und narbig auf den Schichtflächen. Häufig sind im Gestein mikroskopisch kleine Fossilreste eingebettet.

Die Kalke zeigen neben der vorherrschenden lagigen Ausbildung mit eingeschalteten Tonschiefer-Horizonten wechselnder Mächtigkeit auch, besonders nach Osten zu, massiges Aussehen, das auf eine Entstehung im Riffbereich hinweist. Die dunkle Farbe wird überwiegend hervorgerufen durch geringen Bitumengehalt, der den Schichtflächen ein schwarz-glänzendes Aussehen verleihen kann.

Die Kalke haben $CaCO_3$-Gehalte zwischen 95 und 99 Gew.-%; dabei macht mikrokristalliner Calcit 92–96%, gut kristallisierter Calcit, der vorwiegend als Kluftfüllung vorliegt, 2–7% aus. Quarz, Pyrit sowie tonige und organische Substanz erreichen jeweils nicht mehr als 2%. Die Gesteine weisen durchschnittliche Rohdichtewerte von 2,6–2,7 g/cm^3 auf; die Schlagzertrümmerungswerte schwanken zwischen 20,8 und 23,0, im Mittel liegen sie bei 21,4. Die Kalksteine sind fast ausnahmslos frostbeständig (Wasseraufnahme (0,4–0,6 Gew.-%).

Gewinnung und Verwendung: Die sog. „dunklen Marmore" mit den weißen Kalkspatgängchen, die schleif- und polierbar sind, waren zur Zeit Ludwigs I. als Bausteine sehr beliebt. Die klassischen Steinbrüche liegen am Kienbergrücken und am Alterschrofen bei Füssen („Hohenschwangauer Graumarmor"), im Burgberg bei Lenggries, südlich des Tegernsees und bei Nußdorf am Inn.

Heute sind nur noch 3 Brüche in Betrieb (südlich von Nußdorf und bei Lenggries). Das Material wird verwendet zur Splitt- und Schotterherstellung (Straßen- und Gleisschotter, Zuschlag für Fahrbahndecken etc.) sowie als Wasserbaustein. Außerdem wird alpiner Muschelkalk bei Nußdorf als Zuschlag zur Zementherstellung in einem nahegelegenen Zementwerk gewonnen. Platten finden gelegentlich für Restaurierungszwecke Verwendung.

Stand 2000

Wettersteinkalk (401)

Der Wettersteinkalk, der zwischen oberem Anis und tieferem Karn in Vorriff-, Riff- und vor allem in Lagunenmilieu abgelagert wurde, tritt vorwiegend im bayerisch-nordtiroler Bereich auf. In einigen Gebieten der nördlichen Kalkalpen wird er jedoch durch die Partnachschichten vertreten, nach Osten zu verzahnt er sich mit dem Ramsaudolomit. Als einer der Hauptgipfelbildner der kalkalpinen Zone tritt er vor allem in ihrem Zentralteil morphologisch deutlich in Erscheinung. Großflächige Areale nimmt er im Wettersteingebirge, woher sich der Gesteinsname ableitet, und westlich von Bad Reichenhall (Hoher Staufen etc.) ein. Dort und im Karwendelgebirge, aber auch am Alpennordrand und westlich von Berchtesgaden bildet er besonders markante, steil aufragende Gipfel und Gebirgsmassive. Die Serie, die bis zu 1500 m mächtig werden kann, ist in der Alpenrandzone oft nur in schmäleren Gebirgszügen aufgeschlossen.

Gesteinsausbildung und Eigenschaften: Der Wettersteinkalk läßt sich, vor allem in seinem Hauptverbreitungsgebiet zwischen Loisach und Isar, in mehrere Einheiten gliedern. Über undeutlich gebankten, dunklen Kalken an der Basis folgt eine massig ausgebildete, etwas hellere Serie, die zuoberst von gut

gebankten, hellen Kalken abgelöst wird. Diese hellen, dichten Kalke sind meist sehr rein. Stellenweise im tieferen sowie im höheren Teil der Serie ist Dolomitisierung anzutreffen; ebenso finden sich im oberen Wettersteinkalk nicht selten Sulfidvererzungen.

Die Grundmasse des Wettersteinkalkes besteht zum großen Teil aus Kalkpelit und Kalkarenit, die riffaufbauenden Komponenten sind meist in grobkörnige Calcit-Aggregate umgewandelt.

Das Gestein ist, besondert in den helleren Partien, meist sehr rein (bis zu 99,5 Gew.-% $CaCO_3$). Die Gesamtverunreinigung an SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, MgO und SO_3 schwankt im allgemeinen zwischen 0,5 und 6,0 Gew.-%. Die Rohdichte beträgt 2,86 g/cm^3, die Druckfestigkeit im Mittel 160 N/mm^2 mit Werten bis 200 N/mm^2. Aufgrund der massigen, dichten Ausbildung ist der Wettersteinkalk beständig gegen Frost mit nur geringer Abnahme der Druckfestigkeit nach Frosteinwirkung.

Gewinnung und Verwendung: Obwohl Wettersteinkalk in nahezu unbegrenzter Menge im alpinen Bereich vorkommt, sind doch seit jeher in größerem Umfang nur randliche bzw. isoliert gelegene Teile in verkehrsgünstiger Lage wirtschaftlich genutzt worden. Meist wurde das Gestein in Bruchnähe zum Verkaufsprodukt verarbeitet.

Wettersteinkalk wird derzeit im bayerischen Alpenraum in größerem Umfang nur an zwei Stellen, nämlich bei Fischbach/Inn und bei Marquartstein abgebaut und verarbeitet. Er dient als Branntkalk sowie Zuschlagstoff bei der Zement- und Papierherstellung, als Steinmehl für die Keramik-Industrie und als Düngekalk; daneben findet er Verwendung als Straßenbaumaterial (Schotter, Splitt etc.), als Zuschlagstoff bei der Terrazzoherstellung sowie als Wasser- und Gartenbaustein. Nur gelegentlich wird er als Werkstein eingesetzt.

Raibler Kalk (402)

Im Schichtverband der Raibler Schichten, die in der unteren Obertrias (Karn) abgelagert wurden, treten verschiedenartige Karbonatgesteine auf. Neben Rauhwacken (Nr. 420) und Dolomiten sind vor allem nicht horizontgebundene Kalksteine von wirtschaftlichem Interesse.

Die Raibler Kalke finden sich weitverbreitet im bayerisch-nordtirolischen Faziesraum, wo sie zum Teil mächtige Kalksteinabfolgen bilden. Die Raibler Schichten erreichen im Mittel- und Südteil des zentralen Bereiches eine Mächtigkeit bis zu 600 m; am Alpenrand gehen sie auf 100 m oder weniger zurück und können im Berchtesgadener-Salzburger Raum sogar völlig ausdünnen.

Gesteinsausbildung und Eigenschaften: Das vorwiegend dunkelgraue und graubräunliche, zuweilen auch blaugraue Gestein ist dünn- bis grobbankig und meist schwach bituminös. Der lutitische-arenitische, zähe Kalkstein weist häufig mit Calcit verheilte Klüfte auf; seine Mächtigkeit liegt im Zehnermeterbereich und übersteigt nur selten 100 m. Er ist mit klastisch-detritischen Sedimenten wie Silt- und Sandsteinen, Schiefertonen, Tonmergeln und Mergelsteinen, daneben auch mit Mergelkalken, Sandkalken, Dolomiten und

Rauhwacken vergesellschaftet. Evaporite treten als isolierte Vorkommen wechsellagernd mit dolomitischen Gesteinen auf.

Der Raibler Kalk ist ein nahezu reiner Kalkstein mit einem Calcit-Anteil von bis zu 96%, Eisenhydroxid-Gehalt von 2% und Tonmineralen von ebenfalls ca. 2%. Etwa 70% des Gesteins bestehen aus dicht verfilztem, mikrokristallinem Calcit, der den hohen Grad an Härte und Zähigkeit bewirkt. Häufig treten Dolomitzunahmen von mehreren Prozent auf, die in reine Dolomitpartien mit Calcitanteilen von weniger als 3% überführen können.

Die dichte Gefügestruktur des Kalkes und der monomineralische Aufbau verleihen ihm ein technisch nahezu isotropes Verhalten. Er ist frostbeständig, besitzt im Durchschnitt eine Schlagfestigkeit (nach TL 91861 der DB) von 55 und eine mittlere Rohdichte von 2,70 g/cm^3.

Gewinnung und Verwendung: Trotz weiter Verbreitung in überwiegend schmalen, Ost-West-verlaufenden, tektonisch verstellten Schichtpaketen am Nordrand der Kalkalpen und flächendeckender im Bereich nördlich des Wettersteingebirges und trotz guter technischer Eigenschaften wurden Raibler Kalke bisher nur an wenigen an Geländeform und Bedarf orientierten Standorten abgebaut. Ehemalige Gewinnungsstellen liegen bei Klais und Schleching; derzeit ist jedoch nur ein Bruch bei Fischbachau in Betrieb. Das dort gewonnene Material eignet sich besonders als Zuschlagstoff für bituminöse Fahrbahnbefestigungen und Beton, als Gleisschotter sowie als Wasserbau- und Mauerstein.

Hallstätter Kalk, Draxlehner Kalk, Ziller Kalk (403)

Im Hallstätter Faziesraum, der sich noch bis in den östlichsten Teil der bayerischen Alpen hineinzieht, treten im karnischen Niveau – bis in die norische Stufe reichend – meist bunte, gebankte Kalke und Dolomite geringerer Mächtigkeit auf, die heute nur mehr von untergeordneter wirtschaftlicher Bedeutung sind.

Nach Lokalitäten bzw. Verbreitungsgebieten kennt man die „Draxlehner Kalke" und „Ziller (auch Zill-) Kalke" (Ziller Brekzie) aus dem Bereich zwischen Berchtesgaden und Hallein. Sie sind in diesem Gebiet weit verbreitet und erreichen eine maximale Mächtigkeit von 250–300 m.

Gesteinsausbildung und Eigenschaften: Beim Hallstätter Kalk handelt es sich um bunte lutitische Kalke, die von jüngeren, ähnlichen Kalken nur aufgrund ihrer Fossilführung und stratigraphischen Position unterschieden werden können. Charakteristisch für den Kalk ist vor allem sein reicher Fossilinhalt; manche Horizonte sind fast gänzlich aus Schalenresten aufgebaut, doch finden sich stellenweise sehr unterschiedliche Ausbildungen.

Die Kalke sind vorwiegend blaßrötlich bis rot, zuweilen auch bräunlich, grünlich, grau und gelb. Daneben finden sich graugüne und rot gefleckte, selten flaserige gelbe Varietäten. Das Gestein ist teils dünnplattig (im cm-Bereich), meist jedoch im dm- bis m-Bereich gebankt. Es ist meist sehr fest und hart, bricht muschelig, aber – wenn es kieselig durchsetzt ist – auch splittrig. Bisweilen führt es mit weißem und blauem Anhydrit gefüllte, drusenartige Hohlräume.

Als Draxlehner Kalk ist ein roter Knollenkalk, meist dünnplattig bis gebankt, nach einem Steinbruch ca. 5–6 km nordöstlich von Berchtesgaden bekannt. Seine kleinen Knollen und Schlieren bestehen aus Jaspis. Der Zillkalk ist ein sehr reiner, lichtgrauer bis weißer, massiger Riffkalk.

In entsprechender Ausbildung, d.h. dickbankig, hart und wenig verunreinigt, sind diese Kalksteine frostbeständig und infolge ihrer Härte gut polierbar.

Gewinnung und Verwendung: Die Hallstätter Kalke wurden in wenigen Brüchen nahe der deutsch-österreichischen Grenze bei Zill, nordöstlich von Berchtesgaden und in den sog. Kälbersteinbrüchen in Berchtesgaden gewonnen. Verwendung fanden sie vorwiegend als Werksteine (Bord- und Mauersteine, Wasserbausteine), als Straßenbaumaterial (Schotter, Splitt) sowie als Rohstoff zur Kalkherstellung (ehem. Kalkwerk in Zill).

Derzeit ist noch ein Bruch in Zill in Betrieb, in dem rötliche, gelbliche und grünliche Hallstätter Kalke gebrochen und teils zu Straßenbaumaterial aufbereitet, teils an Steinmetzbetriebe zur Weiterverarbeitung geliefert werden. Sie werden verwendet für Bodenplatten, Fenstersimse und Wandverkleidungen im Innen- und Außenbereich, für Restaurierungszwecke sowie als Grabsteine.

Stand 2000

Plattenkalk (404)

Der Plattenkalk, der durch Einschaltung von zunächst vereinzelten, dann durchgehenden Kalkbänken aus dem Hauptdolomit hervorgeht, wurde in der norischen Stufe sedimentiert. Das Verbreitungsgebiet dieser sehr unregelmäßigen, bis maximal 400 m mächtigen, häufig auch gänzlich auskeilenden Kalkabfolge liegt im Mittelabschnitt der bayerischen Alpen zwischen Loisach und Tiroler Ache. Im Westteil wie am Alpennordrand fehlt sie völlig, während sie im Berchtesgadener Faziesraum durch den Dachsteinkalk vertreten wird. Sie bildet in ihrem Hauptverbreitungsgebiet (Estergebirge, Vorkarwendel, Tegernseer und Schlierseer Berge sowie Gebiet um Reit im Winkel) viele markante Berggipfel.

Gesteinsausbildung und Eigenschaften: Der Plattenkalk ist ein gut geschichteter, lutitischer, oft schwach bituminöser, harter Kalkstein von meist mittelgrauer Farbe. Die einzelnen Schichten, die zwischen dünnplattig (wenige cm) bis gut gebankt (bis 1 m) variieren, sind häufig durch ausgedünnte tonige, graphitisch glänzende Lagen getrennt. Mit den Kalken können, besonders in den liegenden Partien der Serie, dolomitische Lagen auftreten. Aufgrund seines dichten Gefüges ist der Plattenkalk frostbeständig; wechselnde Dolomit- und Bitumengehalte und häufige tonige Zwischenlagen machen ihn als Branntkalk ungeeignet.

Gewinnung und Verwendung: Aufgrund seiner plattigen Ausbildung ist der Plattenkalk ein leicht zu gewinnender Werkstein, der sich für jede Art von Bauzwecken anbietet. Während er früher oft als Grundbau- und Mauerstein sowie als Pflasterstein Verwendung fand, ist er heute mehr als Wasserbaustein gefragt; daneben dient Bruchmaterial als Schotter im Straßenbau.

Von den bekannten Steinbrüchen an der Loisach bei Farchant, am Walchensee und bei Lenggries ist nur noch der letztgenannte in Betrieb; dort werden vorwiegend Wasserbausteine gebrochen.

Dachsteinkalk (409)

Im Berchtesgadener und Salzburger Raum sind die mächtigen Vorriff-, Riff- und Lagunenbildungen des Dachsteinkalkes – im Nor und Rät abgelagert – von besonderer morphologischer Bedeutung. Sie bilden die für dieses Gebiet so charakteristischen verkarsteten Hochplateaus. Die Mächtigkeit der Serie, die westlich der Loferer Steinberge durch Hauptdolomit und Plattenkalk ersetzt wird, kann mehr als 1000 m erreichen.

Am weitesten verbreitet ist der Typ des dickbankigen, rhythmisch geschichteten, dunklen, selten schwach rötlichen Riffschuttkalkes; ferner treten helle, massige Kalke auf. Vor allem in der Berchtesgadener Einheit ist der Dachsteinkalk z.T. feinkristallin und marmorähnlich ausgebildet und im allgemeinen sehr rein und homogen. Die Gehalte an MgO, SiO_2 und Al_2O_3 sind meist sehr gering (Ausnahme: Reiteralmkalk mit erhöhten MgO-Anteilen). Die Druckfestigkeit des spröden und daher schlecht zu bearbeitenden Kalksteines liegt zwischen 140 und 185 N/mm^2.

Der Dachsteinkalk ist als Garten- und Wasserbaustein sowie Schotter- und Straßenschüttmaterial gut geeignet. Aufgrund seiner Sprödheit ist er als Mauerstein jedoch nur bedingt verwendbar. Abbaustellen sind derzeit nicht in Betrieb.

Stand 2000

Rätkalk (405)

Unter dieser Bezeichnung, die auf ihre stratigraphische Zugehörigkeit (in die oberste Trias) hinweist, werden hier sehr verschiedenartige Kalksteine zusammengefaßt, die als nutzbare Gesteine meist nur von untergeordneter Bedeutung sind. Es handelt sich im wesentlichen um eine mergelige Serie mit kalkigen Zwischengliedern, die z.T. räumlich sehr eng mit überwiegend kalkigen Schwellen- und Riffbildungen vergesellschaftet sind. Die Kalke haben ihr Hauptverbreitungsgebiet zwischen Loisach und dem Berchtesgadener Raum; ihre Mächtigkeit schwankt stark, liegt meist im 10er-Meter-Bereich, kann aber, besonders im zentralen bayerisch-tirolischen Alpenraum, bis auf ca. 200 m ansteigen. In diesen Gebieten ist vor allem der „Oberrätkalk" ein besonders bekannter Gipfelbildner.

Gesteinsausbildung und Eigenschaften: Vorherrschend sind im höchsten Teil der alpinen Trias verschiedene graue bis bräunliche, z. T. auch helle Kalksteine, die entweder den Kössener Schichten (Beckenfazies) zugerechnet werden oder die Riff- und Schwellenfazies des oberen Rät repräsentieren. Die Kalke sind teils dünnplattig, teils gebankt (bis ca. 1 m). Zuweilen finden sich tonige Verunreinigungen, sehr häufig Einschaltungen und bankweise Anreicherungen von Fossilresten. Die Kalke sind überwiegend hart und frostbeständig.

Besondere Bedeutung verdient der „Thecosmilien-Kalk", der derzeit in einem Abbau gewonnen wird. Dieser teils dunkelgraue, teils sehr helle Riffkalk ist oft sehr stark tektonisch beansprucht und nachträglich mit Calcit verheilt. Er hat $CaCO_3$-Gehalte von ca. 95 Gew.-%, wovon 50% auf ein diagenetisch dicht verfilztes Netzwerk aus mikrokristalliner, calcitischer Grundmasse entfallen. Sporadisch treten dolomitische Einschaltungen auf. Das Gestein ist von großer Gleichmäßigkeit mit stabiler fester Gefügestruktur. Es besitzt hohe Zähigkeit und Abriebfestig-

keit (Schlagzertrümmerungswert kleiner 18), gute Frostbeständigkeit und Druckfestigkeitswerte zwischen 127 und 237 N/mm^2. Die Rohdichte beträgt 2,7–2,8 g/cm^3.

Gewinnung und Verwendung: Die plattigen bis gebankten Kalke sind früher an mehreren Stellen abgebaut und als Bruchsteine, Bau- und Wasserbausteine verwendet worden. Derzeit ist nur noch ein Steinbruch bei Fischbach am Inn in Betrieb, in dem Thecosmilienkalk gebrochen und zu Schotter, Splitt, Sand und Füller weiterverarbeitet wird; das Material findet Verwendung im Straßenbau, als Schüttgut und Zuschlag für Fahrbahnbefestigungen sowie als Gleisschotter.

Bunte Lias-Kalksteine (z. B. Hierlatzkalk, Adneter Kalk) (406)

Als „Bunte Lias-Kalksteine" werden nach ihrer stratigraphischen Zugehörigkeit eine Reihe verschiedenartiger Typen von Kalken zusammen gefaßt, die meist nach ihrem Vorkommen benannt sind:

Ettaler Marmor, Königseer Marmor (Königsee),Adneter Kalk (Adnet-Rot), Hierlatzkalk.

Die Lokalbezeichnungen nach österreichischen Vorkommen werden auch für Kalke und Marmore in Bayern verwendet, sofern diese gleich ausgebildet sind. Daher ist bei der Bestimmung eines entsprechenden Gesteines meist nur die Angabe des Gesteinstyps, nicht aber die des Herkunftsortes möglich.

Die Verbreitung der bunten Liaskalke ist gering und auf zahlreiche, oft lokal eng begrenzte Vorkommen beschränkt, die teils an die nördliche Alpenrandzone, teils an die Muldenkerngebiete großer Faltenstrukturen geknüpft sind.

Sie lassen sich in zwei Gruppen einteilen, nämlich den Hierlatzkalk (oder auch „Crinoidenspatkalk"), zu dem z. B. der Ettaler Marmor gerechnet wird, und den Adneter Kalk (auch „Cephalopoden Kalk" oder „Knollenkalk"), zu dem der Königseer Marmor zu rechnen ist.

Gesteinsausbildung und Eigenschaften: Der Hierlatzkalk besitzt meist hellrote (durch Einschwemmung von Roterde), seltener helle oder weißliche Farbe. Das 20–80 m mächtige, meist ungeschichtete oder dickbankige, teils flaserige Gestein führt reichlich rhomboedrische Bruchstücke von Kalkspat, der aus dem Zerfall von Seelilien (Crinoiden) stammt. Daher haben diese „Seelilienkalke" oft ein spätiges bzw. kristallines Aussehen.

Sie sind leicht zu bearbeiten und gut polierbar und daher häufig als Werkstein verwendet worden. Mergelüberzüge und tektonische Beanspruchung, wie sie vor allem beim Ettaler Marmor auftreten, schränken ihre Verwendbarkeit ein.

Von insgesamt dunklerer, intensiv roter Farbe mit etwas helleren Knollen ist der Adneter Kalk. Die Knollen – teils auf Ammoniten, teils auf Schlickgerölle zurückzuführen – sind in einer dunkelroten dichten Grundmasse eingebettet. Häufig finden sich in dem gut gebankten, im allgemeinen nur wenige Meter mächtigen Gestein dunkle Manganausscheidungen lagig angeordnet oder als Umhüllungen der Knollen.

In bruchfeuchtem Zustand ist der gut polierbare Adneter Kalk sehr frostempfindlich, vor allem in Partien mit erhöhtem Tongehalt. Aufgrund der lagigen Absonderung und dünnster Toneinschwemmungen ist der Abbau einzelner Platten und Bänke relativ einfach.

Gewinnung und Verwendung: Die bunten Kalksteine des Lias sind in ihrer mehr als 800jährigen Verwendungszeit überwiegend als Dekorationsmarmor verarbeitet worden. Vor allem der Adneter Marmor wurde nach Bayern exportiert und findet sich z. B. im Stiftskreuzgang Berchtesgaden, von wo eine der ältesten Verwendungen im bayerischen Raum belegt ist (1278 n. Chr.).

Die Gewinnungsstellen der bunten Lias-Kalksteine lagen vorwiegend am Alpennordrand bei Füssen, Hohenschwangau, Ettal und Marquartstein sowie im Zentralteil der nördlichen Kalkalpen bei Mittenwald und am Königsee. Zeitweise wurde Material auch für Straßenbauzwecke abgegraben; heute ist kein Bruch mehr in Betrieb.

Doggerspatkalke

Wie im gesamten alpinen Jura finden sich auch im Dogger bunte, vorwiegend rote, aber auch hellgraue und hellbraune Kalke, die aufgrund ihrer stratigraphischen Stellung und ihres charakteristischen Aussehens als Doggerspatkalke bezeichnet werden. Vor allem auf ihrem hohen Anteil an Crinoidenbruchstücken beruht die Bezeichnung Spatkalke. Das Bindemittel dieser Schuttkalke, die meist nicht mehr als 30 m Mächtigkeit erreichen, besteht aus fleischfarbenem, dichtem Kalkmergel, der gegen Verwitterung wenig widerstandsfähig ist und zur Vergrusung neigt.

Verwendet wurden die Doggerspatkalke trotz weiter Verbreitung in der Alpenrandzone nur selten für Dekorationszwecke im Innenbereich. Brüche, die jedoch heute aufgelassen sind, befanden sich südlich von Ruhpolding und bei Inzell.

Bunte Malmkalksteine (407)

Kalksteine ähnlicher Ausbildung wie die bunten Liaskalksteine und die Doggerspatkalke finden sich bisweilen auch noch im Malm. Sie treten vorwiegend am Nordrand der kalkalpinen Zone in schmalen, häufig unterdrückten, ost-west-verlaufenden Zügen auf und erreichen Mächtigkeiten bis 30 m. Diese bunten Tithon-Kalke, die hauptsächlich als Dekorationsmarmor verwendet wurden, sind als Tegernseer Marmor (auch Flaserkalk) und Ruhpoldinger Marmor bekannt geworden und erreichen im bayerischen Alpenanteil mindestens dieselbe Bedeutung wie die liassischen Kalke.

Beim Tegernseer Marmor handelt es sich um einen überwiegend bräunlich-roten Flaserkalk, der hell und dunkel gefleckt ist. Neben tiefroten kommen auch gelbrote, ausnahmsweise sogar gelbliche und ganz weiße Varietäten vor. Er ähnelt in seiner Ausbildung sehr dem Hierlatzkalk und weist stellenweise fazielle Übergänge zu den Aptychenschichten auf.

Im allgemeinen ist das lagig-bankige Gestein sehr gut polierfähig; die Druckfestigkeitswerte liegen bei 100 N/mm^2.

Der Tegernseer Marmor wurde seit 1690 an der Typlokalität Enterbach südlich des Tegernsees gebrochen. Weitere Vorkommen, die in Abbau standen, liegen im Vilstal und südlich des Schliersees bei Neuhaus. Das Material wurde vorwiegend für Dekorationszwecke verwendet, doch diente es daneben auch als Rohstoff zur Branntkalkherstellung. Alle Gewinnungsstellen liegen heute still.

Der ebenfalls im oberen Malm abgelagerte Ruhpoldinger Marmor ist ein dickbankiger Knollenflaserkalk. Es treten jedoch, wie beim Hierlatzkalk, in enger Nachbarschaft Crinoidenkalke und Cephalopodenkalke auf, die sich sogar miteinander verzahnen. Vorherrschend ist ein braunroter, knolliger Kalkstein wechselnder Farbabstufungen. Die Knollen bestehen aus kleinen, bis wenige Zentimeter großen, hellgefärbten, kantengerundeten Kalkbrocken. Die stellenweise auftretende Verfärbung des Gesteins ist durch Reduktion von Fe-Oxiden verursacht. Der Kalkstein zeigt eine deutliche Bankung im Meter-Bereich.

Als „gelber Ruhpoldinger Marmor" tritt im Schichtverband mit der roten Varietät ein gelbgetönter Kalkstein auf. Er ist wesentlich tonärmer und im Bruch spröde; eine Schichtung ist undeutlich, das Aussehen massig. Dieser Kalk steht im Kontakt mit einem dickbankigen Oolithkalk von beiger Farbe, der ebenfalls im Malm abgelagert wurde. Dieser hat eine Rohdichte von 2,68 g/cm^3 und eine Druckfestigkeit in trockenem Zustand von 135 N/mm^2. Er ist frostbeständig und gut polierbar.

Der Abbau des Ruhpoldinger Marmors geht bis in das frühe Mittelalter zurück. Die überwiegend für Dekorationszwecke im Innen- und Außenbereich verwendeten Kalksteine wurden bis in neuere Zeit vor allem an der Typlokalität Haßlberg südwestlich von Ruhpolding und im Marmorsteinbruch bei Fuchsau (südöstlich von Ruhpolding) gewonnen. Abfallmaterial bei der Verarbeitung der Werksteine fand Verwendung bei der Flußverbauung und für Bruchsteinmauern. Die Steinbrüche liegen heute still.

Wetzsteinkalk (408)

Als Wetzsteinkalke werden meist sehr dünne (5–7 cm), kieselsäurereiche Einlagerungen in oberjurassischen und kretazischen Aptychenschichten (Malm und Neokom) bezeichnet, die zu Wetz- und Abziehsteinen verarbeitet wurden. Diese lokal begrenzte Sonderentwicklung der am Alpenrand zwischen wenigen und 100 m Mächtigkeit schwankenden, in den inneren nördlichen Kalkalpen bis zu 800 m mächtigen Abfolge beschränkt sich auf den Nordrand der kalkalpinen Zone zwischen Lech und Loisach.

Gesteinsausbildung und Eigenschaften: Die als Wetzsteine verwertbaren Partien finden sich in einem gut geschichteten, im cm-Bereich gebankten, äußerst feinkörnigen, z. T. mergeligen Kalkstein der Aptychenschichten dort, wo eine bestimmte Menge freier Kieselsäure fein und gleichmäßig verteilt ist. Die Kieselsäure liegt vor allem in Form von Radiolarien-Skeletten, untergeordnet als Hornstein und seltener als detritischer Quarz vor. Die Wetzsteinkalke sind meist gelblich, grau oder weißlich, seltener rötlich oder grünlich gestreift. Sie sind spröde und haben einen muschelig-splittrigen Bruch. Ihre chemische Durchschnittszusam-

mensetzung beträgt (in Gew.-%):
$CaCO_3$:83,6; Fe_2O_3:2,7; Al_2O_3:1,1; $K_2O + Na_2O$:1,0; SiO_2:12,3

Gewinnung und Verwendung: Der Abbau von Wetzsteinen aus den Aptychenschichten zwischen Lech und Loisach geht auf den Anfang des 16. Jahrhunderts zurück und entwickelte sich rasch zu einem einträglichen Gewerbe. Bis 1840 wurde das gewonnene Rohgut von den „Steinheigel" (Wetzsteinmacher) mit der Hand bearbeitet, dann mit Schleifmaschinen. Steinsägen kamen ab ca. 1880 zum Einsatz. Der Verkauf der nach Farbe und Größe unterschiedenen Produkte war genossenschaftlich organisiert und ging in das nähere Umland, aber auch auf den vorhandenen Schiffahrtswegen bis in die Donauländer.

Die ca. 70 bekannten Abbaustellen liegen in 3 Bezirken bei Schwangau, Unterammergau und Ohlstadt. Aufgrund der sehr geringmächtigen nutzbaren Lagen fielen beim Abbau große Mengen von Abraum an, die in der Nähe der Brüche verkippt wurden; sie machen auch heute noch die Lage ehemaliger Gewinnungsstellen kenntlich. Der letzte Abbau wurde nach 1949 eingestellt.

Gosau-Kalksteine

Kalksteine, die in der Oberkreide bei der Überflutung durch das Meer als strandnahe Sedimente abgelagert wurden, finden sich vereinzelt im Ostteil der bayerischen Alpen. Im Reichenhaller Gebiet haben mehrere Steinbrüche bestanden, in denen weiße, fast ungeschichtete, weitgehend aus Rudistenschalen bestehende Kalksteine gewonnen und zu Kalk gebrannt wurden. Die Brüche sind heute nicht mehr auffindbar.

Kalksteine der Flysch-Zone

Kalksteine treten in der lithologisch heterogen zusammengesetzten, detritischen Schichtfolge des Flysch auch in den karbonatreichen Partien nur als relativ geringmächtige, bankige Einschaltungen auf. Dabei handelt es sich vorwiegend um Kalke, die mehr oder weniger sandige, kieselige oder mergelige Verunreinigungen führen. Aufgrund dieser schlechten Qualitätsmerkmale erreichte die Kalkstein-Gewinnung in der Flysch-Zone keine besondere Bedeutung.

Eine Ausnahme bildet die oberkretazische „Hällritzer Serie", aus der harte Kalkbänder abgebaut und als Baustein verwendet wurden. Der jetzt stilliegende Bruch befindet sich im Halblechtal bei Buching.

Kalksteine der Helvetikum- und Ultrahelvetikum-Zone

Schrattenkalk (410)

In Vorarlberg und im Allgäu ist der 50 m bis 150 m mächtige Schrattenkalk einer der Hauptgipfelbildner; nach Osten nimmt dieses helvetische Schichtglied rasch auf 30 m bis 40 m Mächtigkeit ab und tritt dort morphologisch nicht mehr deutlich in Erscheinung. Östlich des Schliersees verschwindet es gänzlich.

Gesteinsausbildung und Eigenschaften: Der reine, hellgrau bis bräunlichgrau verwitternde, in frischem Zustand dunkle Kalk ist ein an Fossilresten reiches Schuttgestein mit wechselndem Oolithanteil. Der Spatkalk ist massig bis grob gebankt, zeigt ein dichtes Gefüge und neigt zu Verkarstung und oberflächlich zur Bildung von Karren (= Schratten). Der generell vorhandene, aber niedrige Glaukonit- und Sandgehalt kann stellenweise stark ansteigen und durch Verkieselung, z.T. auch Bildung von hornsteinartigen Schnüren, dem Gestein den Charakter eines sog. Hartgesteins verleihen.

In besonders kompakten Partien werden Rohdichtewerte bis 2,72 g/cm^3 erreicht, in geklüfteten Bereichen liegen sie bei 2,5 g/cm^3; die Druckfestigkeitswerte schwanken zwischen 100 und 140 N/mm^2.

Gewinnung und Verwendung: Die Hauptvorkommen des Schrattenkalkes liegen im Allgäu (Hoher Ifen, Grünten etc.), am Angermann Hügel bei Tegernsee, am Schwaiger Hügel bei Schliersee und als wirtschaftlich bedeutendstes Vorkommen in den sog. Kögeln (oder Köcheln) im Murnauer Moos. Dort liegt der Schrattenkalk in kieselsäurereicher Sonderentwicklung vor, die seine Mitverwertung beim Abbau des sog. „Glaukoquarzites" (Nr. 621) ermöglicht.

Stand 2000

Seewerkalk (411)

Ebenfalls zur Helvetikum-Zone gehört der im Turon bis Santon abgelagerte Seewerkalk, der vor allem im Westteil der bayerischen Alpen, daneben auch zwischen Tegernsee und Schliersee auftritt. Seine Mächtigkeit ist starken Schwankungen unterworfen, übersteigt aber nie 50–60 m. Die bedeutendsten Vorkommen liegen im Allgäu am Grünten sowie westlich von Oberstdorf.

Gesteinsausbildung und Eigenschaften: Der Seewerkalk ist ein hell- bis mittelgrauer, zuweilen rötlicher, sehr reiner, dichter Kalkpelit. Er ist deutlich gebankt oder flaserig. Die welligen Schichtflächen sind oft mit Tonhäutchen überzogen; besonders im oberen Teil sind auch dünne, bituminöse und tonige Lagen von dunkler Farbe eingeschaltet. In den Basisbereichen finden sich Glaukonitknollen eingestreut, dort ist auch zuweilen Kieselsäure angereichert.

Gewinnung und Verwendung: Aufgrund seiner Ausbildung nimmt der Seewerkalk unter den vielen Kalksteinen des alpinen Bereiches keine herausragende Stellung ein, so daß ein Abbau sich nur dort anbietet, wo durch Nachfrage und entsprechende Lage des Vorkommens eine wirtschaftliche Gewinnung erfolgen kann. Der einzige derzeit betriebene Steinbruch liegt bei Burgberg im Allgäu, wo hauptsächlich helvetischer Brisisandstein abgebaut wird. Der dort mitgewonnene Seewerkalk wird vorwiegend als Straßenbaumaterial verwendet.

Nummulitenkalk („Enzenauer Marmor") (412)

Stellenweise finden sich im Faziesraum der Helvetikum-Zone am Alpennordrand kleinere Vorkommen von sog. Nummulitenkalken. Dabei handelt es sich um einen im Alttertiär abgelagerten Fossilschuttkalk, der als Charakteristikum

Nummuliten-Einschlüsse (münzenförmige Gehäuse von Foraminiferen) führt. Das wirtschaftlich ehemals bedeutendste Vorkommen, der Enzenauer Marmor (Enzenauer Kalkstein), ist in der Nähe von Bad Heilbrunn aufgeschlossen.

Gesteinsausbildung und Eigenschaften: Der Enzenauer Marmor ist ein grauer, auch rötlich-brauner, dickbankiger, dichter Fossilschuttkalk, der zahlreiche dickschalige Mollusken, Seeigel, Kalkalgen und Nummuliten enthält. Das steilstehende Gesteinspaket hat eine Mächtigkeit von 2–20 m und führt nur geringe Mengen an Quarzdetritus. In Nummulitenkalken anderer Vorkommen kann der Sandanteil in unterschiedlichem Maße ansteigen und zu den Nummulitensandsteinen (Nr. 623) überleiten. Die Rohdichte beträgt 2,72 g/cm^3, die Druckfestigkeit schwankt zwischen 136 und 45 N/mm^2.

Gewinnung und Verwendung: Trotz mehrerer Vorkommen am Alpennordrand bei Sonthofen, Rohrdorf und Reichenhall hat nur der Enzenauer Marmor bei Bad Heilbrunn als Baustein Bedeutung erlangt. Er wurde als Dekorationsmarmor und Mauerstein verwendet. Der Abbau ist seit langem eingestellt.

Lithothamnienkalk („Granitmarmor", „Neubeurer" bzw. „Rosenheimer Marmor") (413)

Ähnlich den im gleichen Faziesraum abgelagerten Nummulitenkalken (Nr. 412) finden sich auch Lithothamnienkalke in isolierten Vorkommen am Alpennordrand vom Allgäu bis beinahe zur Salzach. Diese bis ca. 30 m mächtigen Gesteine haben aufgrund ihres besonderen Aussehens vor allem in ihrem bedeutendsten Verbreitungsgebiet im Raum Neubeuern/Inn – Rohrdorf Aufsehen erregt und wurden mit Bezeichnungen wie „Granitmarmor", „Rosenheimer Marmor" oder „Neubeurer Marmor" belegt.

Gesteinsausbildung und Eigenschaften: Lithothamnienkalke tragen ihren Namen nach ihren Hauptbestandteilen, den Lithothamnien (Kalkalgen), deren gelbliche Knollen, zusammen mit Quarz- und Glaukonitkörnern in der kalkigen Grundmasse, dem Gestein ein granitisches Aussehen verleihen; davon leitet sich der Begriff Granitmarmor ab. Das meist bläuliche bis gelbgraue, mittel- bis grobkörnige Gestein weist eine deutliche Schichtung auf. Aufgrund variabler Größe und Mengenverhältnisse der Einzelkomponenten kommt es zu einer sehr wechselhaften Ausbildung.

Der Granitmarmor eignet sich für bautechnische Zwecke. Er hat im bruchfeuchten Zustand eine Druckfestigkeit von 126 bis 145 N/mm^2, eine Rohdichte von 2,64 bis 2,72 g/cm^3 und ist leicht schleif- und polierbar.

Gewinnung und Verwendung: Seit seiner Entdeckung im Jahre 1808 beim Bau der Soleleitung Traunstein-Rosenheim entwickelte sich der Granitmarmor zum Modegestein. Er wurde vor allem als Dekorationsmarmor im Innenbereich (St. Bonifaz-Basilika in München) und zu Grabmälern verarbeitet. Lithothamnienkalke mit geringen Quarz- und Glaukonitgehalten werden zeitweise als Zuschlag zu den Stockletten (Nr. 432) bei der Zementherstellung verwendet. Der einzige derzeit betriebene Bruch befindet sich südlich von Rohrdorf.

Dolomite und Rauhwacken der kalkalpinen Zone

Rauhwacken und Dolomite von wirtschaftlicher Bedeutung finden sich im bayerischen Alpenraum nur innerhalb der kalkalpinen Fazieszone. Sie sind in der mittleren bis oberen Trias (Ladin bis Nor) abgelagert. Während Rauhwacken meist nur als dünne Schichtglieder auftreten, bilden Dolomite mächtige Gesteinsabfolgen, die bereichsweise größere Gebirgsstöcke aufbauen.

Aufgrund ihrer leichten Bearbeitbarkeit, ihrer Verwitterungsresistenz und ihres Aussehens waren Rauhwacken seit langer Zeit als Bau- und Werksteine sehr beliebt. Heute finden sie nur noch stellenweise als Schüttmaterial Verwendung.

Die Dolomite sind im allgemeinen infolge tektonischer Beanspruchung intensiv zerklüftet, zuweilen auch brekziös ausgebildet, wobei Bruchflächen nur unvollkommen verheilt sind; sie neigen daher zu kleinsplittrigem, grusigem Zerfall.

Diese Gesteinseigenschaft tritt beim Abbau der Dolomite deutlich zutage; es fällt wenig großstückiges Material an, so daß die Voraussetzungen für die Gewinnung von Bruch-, Haus- und Pflastersteinen nicht günstig sind. Trotz der im Vergleich zu Kalksteinen meist beträchtlich größeren Härte ist das Splittkorn nicht kantenfest. Die Druckfestigkeitswerte nehmen aufgrund der feinen Zerklüftung eine große Schwankungsbreite ein (80 bis 200 N/mm^2). Übergänge zu zwischengelagerten Kalksteinen machen sich durch allmähliche Abnahme des MgO-Gehaltes bemerkbar.

Rauhwacke (420)

Eines der auffälligsten Gesteine der alpinen Trias sind die Rauhwacken, die in den Raibler Schichten (Karn) zwischen dem östlichen Allgäu und der Salzach auftreten. Sie finden sich häufig als Zwischenlagen stark wechselnder, jedoch meist geringer Mächtigkeit in den vorwiegend aus Dolomiten aufgebauten höheren Partien der Raibler Schichten. Aufgrund von gelegentlich auftretenden Quelltuffbildungen, die durch Fällung aus kalkhaltigen Quellwässern nach deren Austreten aus den Rauhwacken entstanden, hat sich umgangsprachlich die Bezeichnung „Tuffstein" für das Gestein eingebürgert.

Gesteinsausbildung und Eigenschaften: Rauhwacken sind kalkige bis dolomitische, brekziöse Gesteine von hellgrauer bis gelblichgrauer Farbe. Die zellig-löchrige Textur entsteht durch Herauswittern und -waschen leichter löslicher Brekzienkomponenten, die überwiegend in eckiger bis wenig gerundeter Form vorliegen. In ihrem Aussehen können sie Quellkalken ähnlich sein und sind daher an alten Bauwerken von diesen oft nur schwer zu unterscheiden.

Aufgrund ihrer hohen Porosität geben Rauhwacken ein leicht zu bearbeitendes Gestein ab. Im bergfeuchten Zustand sind sie weich, härten aber beim Trocknen nach. Wegen ihrer rauhen Oberfläche besitzen sie eine gute Haftfähigkeit für Mörtel. Als Naturwerkstein sind sie im allgemeinen sehr haltbar und widerstandsfähig.

Gewinnung und Verwendung: Trotz vieler, oft allerdings geringmächtiger Vorkommen zwischen Pfronten und Reichenhall wurden Rauh-

wacken im bayerischen Alpenraum nur an wenigen Stellen gewonnen. Brüche befanden sich bei Schlehdorf, Reichenhall sowie im Bereich Marquartstein-Bergen-Ruhpolding. Nur im letzteren Gebiet wurde der seit altersher beliebte Naturstein in größerem Umfang gewonnen und als Baustein eingesetzt (z.B. Kirchturm in Ruhpolding). Bekannte Brüche liegen am Rabenstein und Mühlalpkopf südlich von Bergen, wo heute nur noch gelegentlich Lockermaterial für den Wegebau gewonnen wird.

Ramsaudolomit (421)

Dieser vom höheren Anis bis ins tiefe Karn im Bereich der kalkalpinen Zone abgelagerte Dolomit ist in seiner Verbreitung auf den Berchtesgadener Raum begrenzt. Die Bezeichnung leitet sich von dem Vorkommen bei Ramsau ab. Im Bereich der Loferer Steinberge verzahnt sich die Berchtesgadener Fazies mit der bayerisch-tirolischen, der Ramsaudolomit wird vertreten durch Wettersteinkalk und -dolomit.

Die z.T. großflächigen Verbreitungsgebiete des Ramsaudolomits bilden mächtige, einheitliche, steil aufragende Gebirgsstöcke und schrofige Felswände mit Gesteinsmächtigkeiten zwischen 800 m und 1000 m. Charakteristisch sind große Anhäufungen von Schuttmassen am Hangfuß.

Gesteinsausbildung und Eigenschaften: Der Ramsaudolomit ist ein heller, grauweißer bis reinweißer Dolomit. Er ist schlecht gebankt bis massig mit kleinem, aber deutlichem Korn. Die mineralogische Zusammensetzung weist bis zu 99% Dolomit und 1% Calcit auf. Die chemische Durchschnittsanalyse ergibt (in Gew.-%):
CaO: 31%; MgO: 21%; Al_2O_3: 0,1%; SiO_2: 0,25%; Fe_2O_3: 0,02%; Na_2O:0,03%;
K_2O: 0,01%; Glühverlust: 47,5%;

Der Helligkeitsgrad schwankt zwischen 86,5% und 87,6% (gegen Normalweiß gemessen), der pH-Wert zwischen 10,1 und 10,3 und die Rohdichte zwischen 2,85 und 2,95 g/cm^3.

Gewinnung und Verwendung: Ramsaudolomit wird derzeit in großem Umfang nur in einem Betrieb bei Unterjettenberg gebrochen und verarbeitet. Er wird teils als Grubenmaterial zum Straßenbau, überwiegend jedoch in aufbereiteter Form in der Baustoff-, Kunststoff-, Glas-, Putzmittel-, Düngemittel-, Papier-, chemischen und pharmazeutischen Industrie verwendet.

Stand 2000

Wettersteindolomit

Vor allem im Bereich des Wetterstein- und Karwendelgebirges ist im Wettersteinkalk (Nr. 401) eine lithologische Dreigliederung ausgeprägt. In dunkle, undeutlich gebankte Kalke der unteren und oberen Partien ist der sog. Wettersteindolomit eingeschaltet. Er ist meist von grauer Farbe, massig ausgebildet, von geringer Mächtigkeit und zeigt durch Abnahme des MgO-Gehaltes fließende Übergänge zum Wettersteinkalk. Seine weiteste Verbreitung auf bayerischem Gebiet besitzt er im Bereich Pfronten – Füssen, wo er als schmales, Ost-West-verlaufendes Band den Alpennordrand begleitet. Seine wirtschaftliche Bedeutung ist gering, Abbaustellen werden derzeit nicht betrieben.

Hauptdolomit (422)

Eines der Hauptgesteine der bayerisch-tirolischen Alpen stellt der Hauptdolomit dar, der in der norischen Stufe der alpinen Trias abgelagert wurde. Im Bereich zwischen Iller und Salzach ist er weit verbreitet. Als einer der Hauptgipfelbildner erreicht er Mächtigkeiten von 1500 bis 2000 m, stellenweise, vor allem in den Randbereichen des bayerisch-tirolischen Faziesraumes, kann er jedoch bis auf weniger als 100 m abnehmen. Ähnlich wie der Ramsaudolomit bildet auch er zerrissene, schrofige Felswände und ist aufgrund der starken Zerklüftung und des Zerfalles zu Kleinsplitt einer der größten Schuttbildner des kalkalpinen Raumes.

Gesteinsausbildung und Eigenschaften: Der hellgraue, teils deutlich gebankte bis feinplattige, teils klotzig ungeschichtete Hauptdolomit ist fast stets etwas kalkig ausgebildet; stellenweise führt er auch Einschaltungen reiner Kalkbänke. Diese Abfolge steht im Wechsel mit im allgemeinen geringmächtigeren Partien bituminöser Schiefer und bitumenreicher, plattiger, dunkler Dolomite. Bereiche, in denen die für nahezu den gesamten Hauptdolomit charakteristische Bitumenführung stark zunimmt, waren stellenweise Gegenstand bergmännischer Aktivitäten (bei Oberammergau, Krün und Vorderriß).

Das vorwiegend feinkörnige, zuweilen auch feingeschichtete, im allgemeinen stark geklüftete Gestein hat folgende chemische Durchschnittszusammensetzung (in Gew.-%):
CaO: 31%; MgO: 21,5%; Fe_2O_3: 0,3%; Al_2O_3: 0,25%; SiO_2: 0,2%; Glühverlust: 47%.

Die Druckfestigkeit, Rohdichte und weiteren technischen Gesteinseigenschaften sind denen des Ramsaudolomites sehr ähnlich.

Gewinnung und Verwendung: Hauptdolomit wurde an vielen Stellen im bayerischen Alpenraum vorwiegend als Straßenbaumaterial gewonnen; sehr häufig wurden jedoch keine Brüche angelegt, da für diesen Verwendungszweck auch das Lockermaterial der weitverbreiteten, mächtigen Hangschuttkegel ausreichte. Diese Art der Schüttmaterialgewinnung wird derzeit noch stellenweise betrieben (Nr. 008).

An einigen Stellen, so bei Ruhpolding, Schleching, Staudach, zwischen Glashütte und Wildbad Kreuth wurde Hauptdolomit in Steinbrüchen abgebaut, wobei dickgebankte Bruchstücke als Wasserbausteine, kleinstückiger Gesteinsschutt als Wegebaumaterial Verwendung fanden. Wegen der durch Verunreinigungen gegenüber dem Ramsaudolomit beschränkten Einsatzfähigkeit wird dieses Gestein derzeit nur in einem Steinbruch bei Fischbach gelegentlich mitgewonnen.

Mergelsteine der kalkalpinen Zone und der alpinen Randzonen

Seit dem Rät vereinzelt, in Jura und Unterkreide vermehrt, treten in den verschiedenen alpinen Faziesräumen Mergel auf, die wegen ihrer Ausbildung und Mächtigkeit, vor allem mit dem Aufkommen der Zementindustrie in der Mitte des 19. Jahrhunderts, wirtschaftliche Bedeutung erlangten. Dabei handelt es sich

vornehmlich um kalkreiche, harte Pelite, die oft raschem Fazieswechsel unterliegen und die nach entsprechender Vorbehandlung zur Zementherstellung verwendet werden können. Im Gegensatz zu den Mergeln, Seetonen und Lößlehmen des Alpenvorlandes (siehe dazu Kap. 9) sind sie nicht für keramische Zwecke geeignet.

An zahlreichen Orten wurden Gruben in verschiedenartigen Mergelvorkommen angelegt. Viele Abbaue wurden nach kurzer Zeit, manche auch erst nach 2 bis 3 Jahrzehnten, eingestellt. Grund dafür war neben Schwierigkeiten bei der Rohstoffverarbeitung vor allem der rasche Qualitätswechsel des Rohmaterials und die z.T. zu geringen Mächtigkeiten.

Mergelsteine ungegliedert (Kalkalpin) (430)

Kössener Schichten und Allgäu-Schichten

In der Schichtfolge der Kössener Schichten, die im Rät vor allem im westlichen Teil der nördlichen Kalkalpen abgelagert wurde und die sich stellenweise mit rätischen Riffkalken verzahnt, im Hallstätter Faziesbereich jedoch in die Zlambachschichten übergeht, finden sich häufig mergelige Lagen von meist geringer Mächtigkeit. Neben Kalksteineinschaltungen und dunklen Schiefertonen treten feinsandige, bräunlich verwitternde, plattige Mergelkalke in der zwischen 20 m und 500 m mächtigen Serie auf. Stellenweise, wie z.B. südlich des Chiemsees, lagern diese schwärzlichen Mergel neben dunklen Mergelkalken und Kalken, die den Allgäuschichten (ehemals Fleckenmergel) angehören. Diese vor allem im Allgäu mit Mächtigkeiten von über 1000 m verbreitete Abfolge aus vorzugsweise kalkigen und tonigen Mergelschiefern, aber auch reinkalkigen und kieseligen Lagen, nimmt nach Osten an Verbreitung und Mächtigkeit rasch ab und ist im östlichen Berchtesgadener Land nahezu verschwunden.

Gelegentlich, so z.B. bei Staudach – Egerndach, wurden diese Mergelkalke als Zementrohstoffe abgebaut. Dort kam der Betrieb ebenso wie bei Farchant jedoch schon vor langer Zeit zum Erliegen.

Zementmergel der Unterkreide

Von den kalkalpinen „Aptychenschichten", die neben Kalk- und Mergelsteinen auch dünne Lagen von Wetzsteinkalken (Nr. 408) führen, waren wegen des erhöhten Tongehaltes vor allem die der Unterkreide als Zementrohstoff von wirtschaftlicher Bedeutung. Die hellfarbigen, teils dunklen, oft rostfleckigen, leicht grünlich grau anwitternden Gesteine sind äußerst feinkörnig und dünnbankig; sie erreichen in ihrem Verbreitungsgebiet am nördlichen Alpenrand innerhalb einer oft nur wenige Meter, mitunter aber auch bis 400 m mächtigen Schichtfolge aus Kalken, mergeligen Kalken und kalkigen Mergeln zusammenhängend nur geringe Mächtigkeiten. Ehemals genutzte Vorkommen liegen westlich von Kiefersfelden und bei Oberwössen.

In sehr geringem Umfang gelangten auch Mergelsteine der höheren Unterkreide der kalkalpinen Zone („Roßfeldschichten", „Schrambach-Schichten") in der Gegend von Markt-Schellenberg zum Abbau. Die meist geringmächtigen Vorkommen deckten nur den örtlichen Bedarf.

Mergel der Oberkreide

In der Oberkreide (Cenoman-Turon) kam es im Bereich des kalkalpinen Faziesraumes zur Ablagerung sehr unterschiedlicher, meist nicht horizontbeständiger, klastischer Sedimente. In der vorwiegend aus Konglomeraten, Sandsteinen, Brekzien und Schiefertonen bestehende Serie kommen auch unterschiedliche, meist dünnschichtige, braungraue, dunkelgraue oder rote, daneben auch gräuliche und weißgelbe Mergelsteine vor, die oft geringe Gehalte an Quarz-Feinsand führen. Besonders auffällig sind die sog. „Rosinenmergel" – pelitische, marine Schiefertone mit wohlgerundeten, kristallinen Geröllen. Die Gesamtmächtigkeit der Serie liegt bei mindestens 200 m, stellenweise erreicht sie auch 400 m. Der Anteil der Mergel kann dabei bis zu 25% betragen.

An der Stoffelsmühle bei Pfronten wurden früher helle Mergelsteine als Rohmaterial zur Zementherstellung gebrochen und verarbeitet. Der Abbau wurde schon vor langer Zeit eingestellt, der Bruch ist heute völlig verwachsen.

Mergel des Eozän

Ebenfalls stilliegend, verwachsen und teilweise verfüllt sind die Gewinnungsstellen von Mergeln und Mergelkalken, die nördlich von Bayerisch Gmain angelegt worden waren. Diese eozänen Sedimente, die der kalkalpinen Zone angehören, sind vorwiegend von grauer Farbe und besonders im Kirchholz und am Weißbach verbreitet. Sie wurden zwischen 1860 und 1875 abgebaut und zur Zementherstellung verwendet.

Mergelsteine ungegliedert (Flysch) (431)

Zementmergel-Serie

Die im Bereich der Flyschzone bedeutendsten Mergelsteine sind die vor allem zwischen Loisach und Inn verbreiteten, oberkretazischen „Zementmergel". Sie begleiten in einem teils breiten, teils gänzlich ausdünnenden Streifen den Alpennordrand. Ihre Mächtigkeit kann im Extremfall bis 700 m ansteigen.

Gesteinsausbildung und Eigenschaften: Die Zementmergelserie (oder auch „hydraulische Gruppe") besteht aus einer Wechselfolge von Kalkmergeln, Kieselkalken, feinsandigen Kalken, Kalksandsteinen und gelegentlich auftretenden Hornstein-Konkretionen. Neben den hellgrauen, muschelig bis schiefrig brechenden Kalkmergeln, die häufig relativ dünne Lagen bilden, sind auch die dünnplattigen bis dickbankigen, splittrig brechenden, harten Kieselkalke zur Zementherstellung geeignet, sofern sie einen deutlichen SiO_2-Gehalt, höhere $CaCO_3$-Anteile und nahezu kein MgO führen.

Als „Ruinenmergel" sind in dieser Serie helle Mergelsteine bekannt, deren einzelne Lagen im Verwitterungsbereich durch Oxidation der Fe-Verbindungen unterschiedlich gefärbt sind; angeschliffene und polierte Flächen zeigen eine ruinenartige Musterung.

Gewinnung und Verwendung: Aufgrund ihrer Hauptverwendung als Zementrohstoff wurde diese lutitische Serie mit der Bezeichnung Zementmergelserie belegt. In ihrem Hauptverbreitungsgebiet wurde sie schwerpunktsmäßig bei Marienstein und im Bereich Hausham – Schliersee (sog. „Kalkgrabenschichten") gewonnen und zur Herstellung von Roman-Zement verwendet. Kleinere Gewinnungsstellen befanden sich östlich der Loisach bei Pessenbach und Bichl. Heute findet kein Abbau dieser Mergel mehr statt.

Bei Högl nördlich von Piding wurden Flyschmergelbänke derselben Serie abgebaut und als „Ruinenmarmor" („Florentiner Marmor") für Einlegearbeiten verwendet. Auch dort ist die Gewinnung seit langem eingestellt.

Mergelsteine ungegliedert (Helvetikum und Ultrahelvetikum) (432)

Im helvetischen Faziesraum treten unterschiedliche Mergel auf, die zum Teil auch heute noch von wirtschaftlichem Interesse sind. Dabei handelt es sich um „Leistmergel" und „Stockletten" sowie Mergel der dem Ultrahelvetikum zuzurechnenden „Buntmergel-Serie" (im Westen „Leimern-Schichten").

Leistmergel

Die „Amdener Schichten" (Coniac-Campan) sind im bayerischen Teil des helvetischen Ablagerungsraumes größtenteils in Fazies der Leistmergel ausgebildet. Dabei handelt es sich um dunkle, nur undeutlich geschichtete Mergelschiefer, die auf den Klüften rostbraun verfärbt sind. Sie sind hart und kalkreich und weisen meist deutliche Feinsand- und Glimmeranteile auf; gelegentlich sind auch dünne Sandsteinbänkchen eingeschaltet.

Ihre größte Verbreitung haben die Leistmergel in der mehrere Kilometer breiten helvetischen Zone im Allgäu, in der die Amdener Schichten Mächtigkeiten von 100 m bis 300 m erreichen können, die aber nach Osten zu, wo das Helvetikum oft tektonisch unterdrückt ist, auf maximal 100 m abnehmen. Im östlichen Oberbayern sind diese Schichten oft rot gefärbt und als „bunte Leistmergel" ähnlich wie die ultrahelvetische Buntmergelserie ausgebildet.

Stockletten

Die in Oberbayern unter dem alten bergmännischen Ausdruck Stockletten bekannten Mergel der helvetischen Zone haben mittel- bis obereozänes Alter und entsprechen damit ungefähr den im Allgäuer-Vorarlberger Raum bekannten „Stadschiefern". Die Serie, im Westen noch bis über 150 m mächtig, erreicht in den wenigen bekannten Vorkommen im östlichen Oberbayern nicht mehr als 60 m.

Ausbildung und Eigenschaften: Die grauen oder bläulich getönten, hellgrau anwitternden Mergel weisen einzelne kalkige und sandige Zwischenlagen auf, die z.T. glaukonitführend sind. In unterschiedlicher Mächtigkeit treten im Osten die Lithothamnienkalke (Nr. 413) als Einschaltungen auf, die stellenweise als Werksteine gewonnen wurden. Die Stockletten eignen sich nur bedingt zur Zementherstellung, da sie nach Süden zu nicht mehr die benötigten Kalkgehalte aufweisen.

Gewinnung und Verwendung: Die Gewinnung und Verarbeitung von Stockletten erfolgt seit 1931 am Fadenberg südlich von Rohrdorf, wo bereits früher Lithothamnienkalke abgebaut worden waren. In den neben dem Bruch errichteten Werksanlagen wird Zement hergestellt, jedoch muß aufgrund der zu geringen Kalkgehalte und geringer Reserven an vor Ort anstehenden Kalksteinen Kalkzuschlag aus dem weiter südlich gelegenen kalkalpinen Raum angefahren werden. Dafür wird alpiner Muschelkalk, neuerdings auch Wettersteinkalk verwendet.

Buntmergel-Serie

Im südlichsten helvetischen Ablagerungsraum, dem Ultrahelvetikum, wurden in der Oberkreide, z.T. bis ins Alttertiär reichend, die Feinsedimente der Buntmergel-Serie, im Westen Leimern-Schichten und „Liebensteiner Kalk" abgesetzt, die eine Gesamtmächtigkeit zwischen etwa 150 und mehr als 300 m erreichen können. Die Gesteine sind nur sporadisch am Alpennordrand zwischen Allgäu und Salzach verbreitet.

Der Gesteinsverband der Buntmergel enthält bunte (rötliche, gelbliche, grünliche, hell- und dunkelgraue bis schwarze) Mergel, Mergelkalke und Kalkmergel sowie gelegentlich dünnbankige Kalke. Häufig sind die Gesteine dunkel gefleckt. Der Kalkgehalt schwankt zwischen 60 und 70%. Im Durchschnitt hat das Rohmaterial folgende chemische Zusammensetzung (geglühte Substanz in Gew.-%):

CaO: 54–59%; MgO: 1,5–2,5%; SiO_2: 25–28%; Al_2O_8: 8%; Fe_2O_3: 3%; Rest: 1,3–3,1%.

Die Rohdichte variiert zwischen 2,28 und 2,46 g/cm^3 und liegt im Durchschnitt bei 2,37 g/cm^3.

Größere Vorkommen der Buntmergel-Serie finden sich bei Marienstein, östlich des Tegernsees und des Schliersees, südlich von Bad Feilnbach, nördlich von Ruhpolding und nordwestlich von Inzell. Die einzige Stelle, wo sie derzeit wirtschaftlich genutzt wird, liegt an der Bacher Alm südlich von Marienstein. Die dort abgebauten Mergel werden zur Erzeugung von hochhydraulischem Kalk bzw. zur Weiterverarbeitung zu Fertigmörtel verwendet.

In größerem Maße wurden Leimern-Schichten am Reckenberg bei Hindelang abgebaut. Dort treten zudem graue und bunte Liebensteiner Kalke auf, die in dem nahegelegenen Zementwerk ebenfalls Verwendung fanden.

Mergelsteine ungegliedert (subalpine Molasse) (433)

Von den zahlreichen Mergelvorkommen der subalpinen Molassezone sind nur wenige wirtschaftlich genutzt worden. Die für die Zementherstellung wichtigsten Rohstoffe stellen die sog. „Stinksteine" dar, die als bankige Einschaltungen in den kohleführenden Cyrenenschichten der Brackwassermolasse im oberbayerischen Pechkohlenrevier auftreten. Stellenweise können diese beige bis bräunlichen,

harten, bituminösen Kalkmergel die Pechkohle ersetzen und Bänke im dm- bis m-Bereich bilden. Der $CaCO_3$-Gehalt erreicht stellenweise 80 bis 85%, so daß die Gesteine auch als Stinksteinkalke bezeichnet wurden.

In der Regel wurde Stinkstein beim Abbau von Pechkohle mitgewonnen und fiel bei der Kohleaufbereitung als Abraum an. In Marienstein und Peißenberg entstanden in der Nähe der Gruben Zementwerke, die diesen Abraum zur Zementherstellung verwendeten. Versuchsweise wurde Stinkstein in einem Steinbruch bei Marienstein abgebaut, zeitweise auch unter Tage im Kohlenbergwerk eigens für das Zementwerk gebrochen.

Ähnliche kalkreiche Mergel wurden im Ostteil der Haushamer Mulde als Zementrohstoffe gewonnen. Die außerhalb der Kohlenflöze liegenden Zementmergel zeigen deutliche Bankung, jedoch rasch wechselnde Zusammensetzung von Bank zu Bank und sogar innerhalb derselben Schicht. Aufgrund dieser Inhomogenität, oft hoher MgO-Gehalte bei niedrigen CaO-Anteilen sowie recht häufig auftretender sandiger Beimengungen war eine Herstellung von Portlandzement nicht möglich. Bei Wörnsmühle wurden derartige Mergel von 1875 bis 1917 abgebaut und in einem Zementwerk verarbeitet. Späteren Versuchen einer neuerlichen Inbetriebnahme des Werkes war kein bleibender Erfolg beschieden.

Literatur

BÖGEL, H & SCHMIDT, K. (1976): Kleine Geologie der Ostalpen. – 231 S., Thun (Ott) 1976.

DOBEN, K. (1970): Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 8241 Ruhpolding. – 156 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1970.

DOBEN, K. (1973): Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 8242 Inzell.– 124 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1973.

DOBEN, K. (1976): Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 8433 Eschenlohe. – 96 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1976.

GANSS, O. (1967): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000 Blatt Nr. 8240 Marquartstein. – 276 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1967.

GANSS, O. (1977): Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 8140 Prien a. Chiemsee und zum Blatt Nr. 8141 Traunstein. – 344 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1977.

GANSS, O. (1980): Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 8239 Aschau i. Chiemgau. – 184 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1980.

GÜMBEL, C.W.v. (1861): Geognostische Beschreibung des bayerischen Alpengebirges und seines Vorlandes. – 950 S., 6 Kten., 42 Prof.taf., Gotha (Justus Perthes) 1861.

GÜMBEL, C.W.v. (1894): Geologie von Bayern. Zweiter Band. Geologische Beschreibung von Bayern.– 1184 S., 1 Kte., Cassel (Theodor Fischer) 1894.

HÖFLE, H.-CH. & KUHNERT, CH. (1969): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000 Blatt Nr. 8331 Bayersoien. – 122 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1969.

JERZ, H. (1966): Untersuchungen über Stoffbestand, Bildungsbedingungen und Paläogeographie der Raibler Schichten zwischen Lech und Inn (Nördliche Kalkalpen).– Geologica Bavarica, **56**: 3–102, München 1966.

JERZ, H. & ULRICH, R. (1966): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000 Blatt Nr. 8533/8633 Mittenwald. – 152 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1966.

KUHNERT, CH. (1967): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000 Blatt Nr. 8431 Linderhof. – 99 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1967.

KUHNERT, CH. (1967): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000 Blatt Nr. 8432 Oberammergau. – 128 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1967.

KUHNERT, CH. & OHM, R. (1974): Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt 8330 Roßhaupten. – 102 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1974.

LUTYJ-LUTENKO, A. (1951): Bau und Strukturen der Lechtaldecke im Gebiet der Jachenau zwischen Walchensee und Isartal. – Geologica Bavarica, **8,** 63 S., 16 Abb., 1 Taf., 1 Geol. Kte. 1:25 000, 1 Prof.-Tafel, München 1951.

PFLAUMANN, U. & STEPHAN, W. (1968): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000 Blatt Nr. 8237 Miesbach. – 415 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1968.

REIS, O. M. (1935): Die Gesteine der Münchner Bauten und Denkmäler. – Ges. f. bayer. Landeskde., **7–12,** XI+243 S., 41 Abb., München 1935.

SCHMIDT-THOMÉ, P. (1964): Der Alpenraum. – In: Bayerisches Geologisches Landesamt: Erläuterungen zur geologischen Karte von Bayern 1:500 000, 2. Aufl.: 244–296, München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1964.

SCHWERD, K., EBEL, R. & JERZ, H. (1983): Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 8427 Immenstadt i. Allgäu. – 258 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1983.

STEPHAN, W. (1964): Molassebecken.– In: Bayerisches Geologisches Landesamt: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:500 000, 2. Aufl.: 178–195, München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1964.

STEPHAN, W. & HESSE, R. (1966): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000 Blatt Nr. 8236 Tegernsee. – 304 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1966.

WOLFF, H. (1973): Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 8238 Neubeuern. – 352 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1973.

ZACHER, W. (1964): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000 Blatt Nr. 8430 Füssen. – 151 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1964.

ZACHER, W. (1966): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000 Blatt Nr. 8429 Pfronten. – 208 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1966.

Außeralpine Karbonatgesteine

Verwendung von Kalk- und Dolomitsteinen

Kalk- und Dolomitsteine sind Rohstoffe, die von vielen wichtigen Industriezweigen in einer Vielzahl von Anwendungsbereichen benötigt werden. Die hervorragende Bedeutung dieser Rohstoffe soll durch eine Darstellung der übergeordneten Verwendungsbereiche veranschaulicht werden, jedoch würde die Aufführung auch nur der wichtigsten Einzelanwendungen bzw. -produkte weit über den Rahmen dieser Arbeit hinausgehen. (Quelle: RWK intern, Ausgabe Juli 1983, S. 2: Kalk- und Dolomit-Verwendung. – stark gekürzt).

Eisen- und Stahlindustrie:

Hochofenwerke, Stahlwerke, Gießereien, Kaltwalz-, Draht-, und Röhrenwerke

Chemische und sonstige Industrien:

Karbid-Industrie, Soda-Industrie, Steinkohlenbergbau, Nichteisen-Metallindustrie, Zuckerfabriken, Glasindustrie, Feinkeramik, Zellstoff- und Papierindustrie, Umweltschutz (u.a. Wasseraufbereitung, Rauchgasentschwefelung) u.v.a. Zweige der Chemischen Industrie im engeren und weiteren Sinne

Baustoff-Industrie und Baugewerbe:

Hochbau (Betonzuschlag, Mörtel, Putze, Anstriche, Natursteine (!)), Straßenbau, Bahnbau, Wasser- und Brückenbau, Industrien der Sparten Zement, Feuerfest, Kalksandstein, Leichtbeton und sonstige Kunststeine

Land- und Forstwirtschaft, Teichwirtschaft:

Düngemittel, Futtermittel, Konservierung, Seuchenschutz, Schädlingsbekämpfung

Paläozoische Karbonatgesteine

Ockerkalk

(Hermann Weinig)

Der gotlandische Ockerkalk tritt nur an wenigen Stellen des Frankenwaldes meist in unbedeutenden Vorkommen auf. Nennenswerte Verbreitung erreicht er allein in der Umgebung von Ludwigstadt, wo er, eingeschuppt in devonische Tonschiefer, in Komplexen von einigen 100 m Ausdehnung vorliegt.

Der Ockerkalk ist ein harter, in frischem Zustand graufarbener, feinkörniger bis dichter, teils homogener, teils tonig geflaserter Kalkstein und ähnelt dann den devonischen Flaserkalken (Nr. 501).

In angewittertem Zustand nimmt er durch die Umsetzung des fein verteilten Eisenkarbonates in Brauneisen ockerartige Färbung an, die unterschiedlich tief in das Gestein eindringt.

Der dickbankig absondernde Ockerkalk diente in der Umgebung von Ludwigstadt als Baustein, meist für den Unterbau der Gebäude. In Thüringen wurde der Ockerkalk auch zu Marmor verschliffen, bei stärkerer Ockerführung auch zur Herstellung von Farbe verwendet.

Orthoceratenkalk

(HERMANN WEINIG)

Der Name dieses Kalkes weist auf das charakteristische Leitfossil (Orthoceras, ein langgestreckter Kopffüßler) hin, das bis zu 0,5 m Länge erreicht und immer häufig vorhanden ist.

Die Kalke kommen, soweit bisher bekannt, nur an folgenden Stellen des Frankenwaldes, verteilt auf zwei Bereiche, vor: In der Gegend von Köstenberg im Flemmersbachtal und auf dem Schübelberg sowie in einigen Vorkommen nordöstlich Stadtsteinach etwa zwischen Triebenreuth und Wildenstein. Alle Vorkommen haben nur geringe Ausdehnung. Es handelt sich um isolierte Linsen von wenigen Metern bis mehreren 10 m Längserstreckung. Die Mächtigkeit der dickbankig absondernden Kalke kann etwa 10 m erreichen.

Der Orthoceratenkalk ist ein hell- bis mittelgrauer, rötlich gefleckter bis geflaserter, dichter, harter Kalkstein. Tonige Flaserung kann andeutungsweise auftreten. Typisch sind Bruchstücke teils kalziterfüllter Orthoceraten, die besonders im Anschliff auffallend hervortreten.

Die Vorkommen bei Köstenberg (zuletzt die heute noch einzusehenden Kalke im Flemmersbachtal) wurden in früherer Zeit gebrochen und für ornamentale Zwecke verarbeitet.

Flaserkalk (500)

(HERMANN WEINIG)

Die im Oberdevon des Frankenwaldes auftretenden Flaserkalke (Knollenkalk) waren einst wichtige Bau- und Werksteine dieses Raumes. Durch ihre Verarbeitung und Verwendung weit über den Frankenwald hinaus erlangten sie Berühmtheit. Der auf sein häufig auftretendes typisches Gefügemerkmal zurückzuführende Name Flaserkalk ist synonym mit dem Begriff „Kramenzelkalk". Der jedoch in vielfältiger Ausbildung auftretende Kalk trug und trägt zusätzlich verschiedene, auf das jeweilige Vorkommen bezogene Handelsnamen (s.u.)

Die Flaserkalke treten in räumlich engbegrenzten Vorkommen auf. Ursache hierfür ist zum einen ihre primär auf Schwellen erfolgte Bildung, die teils von schiefrigen Knollenkalken oder Tonschiefern faziell ersetzt wird, vor allem aber ihre zusätzliche Stückelung durch Faltungs- und Bruchtektonik: Die von Zimmergröße bis – im Ausnahmefall – einige 100 m Längserstreckung messenden Flaserkalkkomplexe sind in Nordost-Südwest verlaufende Groß- und Kleinfaltung einbezogen. Sie sind daher in verschiedener Lagerung, häufig steil einfallend,

anzutreffen und häufig zusätzlich durch Bruchlinien begrenzt. Liegend- und Hangendschichten sind auch im primären Verband unterschiedlich ausgebildet. Meist finden sich die Flaserkalke in Grauwacke-Tonschieferserien eingeschaltet. Im Liegenden treten auch – gelegentlich Roteisen führende – Gesteine des Diabasvulkanismus auf. Die Flaserkalke besitzen Mächtigkeiten, die in der Regel 20–30 m nicht übersteigen.

Gesteinsausbildung und Eigenschaften: Die Flaserkalke sondern bankig ab. Es treten Bankstärken von wenigen Dezimetern bis zu ausnahmsweise wenigen Metern auf, wobei Schichtdicken zwischen 1 und 3 m relativ häufig sind. Allerdings können vermeintlich geschlossene Dickbänke an latenten Schichtfugen aufspalten.

Das typische Merkmal der Kalke ist ihre Flaserung. Die primäre, dünnschichtige Wechselfolge aus Kalken (möglicherweise teils schon im Sediment vorhandenen Kalkknollen) und dünnen Tonzwischenlagen wurde im Zuge der Gebirgsbildung durch Scherkräfte überprägt. Dabei entstanden knollig-wulstige Kalklagen oder isolierte Kalkknollen, die von ausgewalzten Tonschieferlagen netzartig umgeben (umflasert) sind.

Diese Grundstruktur des Kalkes ist durch zahlreiche Varianten abgewandelt. Je nach dem Kalk-Tonverhältnis und dem Grad der Durchbewegung entstanden z.B.:

- tonschieferreiche bis überwiegend tonige Kalkknollenschiefer (diese wenig kompakten Gesteine zählen nicht mehr zu den Flaser- oder Knollenkalken im eigentlichen Sinn)
- schwach bis stärker geflaserte Kalke, die den Aufbau der primären Schichtung meist noch erkennen lassen (Haupttyp). Die Tonschieferflasern können dabei dicklagig die Kalke durchziehen oder auch nur als dünne Häutchen angedeutet sein.
- sehr stark durchbewegte, tonschieferreiche, -arme oder nahezu -freie Kalke, die eher massigen Habitus besitzen.

Auch breckziös ausgebildete Kalke kommen in tonschiefriger und kalkiger Matrix vor.

Alle diese Spielarten unterliegen verschiedener Farbgebung: Die Kalke sind in der Regel hell- bis dunkelgrau, meist fleckig wolkig abgestuft (Typ „Wallenfels"), hell, zartrosafarben, blaßrot bis kräftig braunrot (Typ Horwagen), bräunlich, seltener finden sich graue Kalke mit rötlichem, hellumrandetem Kern (Typ „Forellenstein", östlich Hof). Die Tonschieferanteile sind im allgemeinen dunkel, bei fortgeschrittener Chloritisierung grünstichig bis grünlich (Typ Horwagen).

Die Gesteine führen in unterschiedlichem Maße innig eingeschlossene, meist kalziterfüllte Fossilien, vor allem gestreckte und aufgerollte Kopffüßler (Orthoceraten und Goniatiten), daneben Trilobiten und Bruchstücke von Seelilien.

Die Kalke sind teilweise von sich kreuzenden Scharen kalzitverheilter, weißer bis grauweißer Fiederklüfte durchzogen, die teilweise sogar einen deutlichen Anteil am Gesteinsvolumen ausmachen können.

Kombinationen der eben genannten Gesteinsmerkmale lassen eine Vielfalt an Varianten entstehen. Aus der Marmorverarbeitung früherer Jahrhunderte sind zahlreiche verschiedene „Marmorarten" überliefert, die die Sortenvielfalt des Flaserkalkes verdeutlichen. Eine Auswahl ehemals besonders geschätzter Arten sei im folgenden als Beispiel angeführt:

„hellbraun – leberfarbiger Marmor mit zarten grünlichen Adern" (zwischen Berg und Reitzenstein)

„schwarzgrauer Marmor mit wenigen weißen Adern mit Versteinerungen" (Dürrenwaid)

„Grau und lichtpurpurfarbiger, nach Art eingesprengter Blutstropfen melierter Marmor, mit bräunlichen Flecken und zarten grünlichen Adern, auch mit weißen Quarzadern durchsetzt" (Eichelberg, nordöstlich Hof)

„Lichtbrauner Marmor mit etwas matt gewölkter Zeichnung und hellen, blutroten Flecken" (Gattendorf)

„Meergrüner Marmor mit schwarzen Flecken und Adern" (südwestlich Naila)

„Grauwolkiger Marmor mit purpurroten und grünen Flecken, durchsetzt mit weißen Adern" („Schertlas" östlich Selbitz)

Verschiedentlich, etwa bei Hof, bildeten sich Handelsnamen für typische Varianten heraus, etwa „Fürstenstein" (entsprechend etwa dem Typ „Wallenfels"; s.u.), „Forellenstein" (s.o.), „Osseker Blau", „Nordeck geflammt" und „rot". Die Normalausbildung entsprach der früher unter der Handelsbezeichnung „Theresienstein" (nach einem Vorkommen bei Hof) bekannten Ausbildung mit deutlicher Flaserung.

Der heute noch gebrochene Flaserkalk wird durch zwei Hauptvarianten vertreten:

- als „Wallenfels", „Wallenfels-Marmor" oder „Frankenwald-Grau": Mehr oder weniger deutlich geflaserter Stein, verschiedene Grautöne in wolkiger Ausbildung, kalzitdurchbändert, fossilführend. Varietäten „Hell" und „Dunkel".
- als „Deutsch rot" (früher „Marxgrüner Marmor"): Meist rote Kalke mit wechselnden, oft hohen Anteilen an Tonschiefer (teils grünliche) und Kalzit; äußerst variantenreiche Struktur. Varietäten: „Rot", „Rosa", „Rot/Grün", „Flammung" (hellrote, kantige Kalke in dunklerer Grundmasse).

Für die in der Regel dichten, splittrig unregelmäßig brechenden Kalke können naturgemäß keine repräsentativen Werte ihrer Zusammensetzung und technischen Eigenschaften gegeben werden: Je nach Tonschieferanteil ergeben sich unterschiedliche Kalkgehalte.

Die Druckfestigkeiten der in den Handel gelangenden Steine liegen meist in der Größenordnung von 100 N/mm^2 und darüber, teils bis 150 N/mm^2. Als Anhaltspunkt für die Biegezugfestigkeit diene der Wert 10 N/mm^2. Die Rohdichte liegt bei 2,6–2,75 g/cm^3, die Wasseraufnahme erreicht teils nur Werte von unter 1 Vol.%. Nicht alle Varianten der Flaserkalke können als frostbeständig bezeichnet werden.

Als Marmor in technischem Sinn läßt sich der Stein gut verschleifen und polieren.

Gewinnung und Verwendung: Die zahlreichen Varianten des Flaserkalkes wurden früher vor allem im 18. und 19. Jahrhundert an vielen Stellen in größeren und kleineren Steinbrüchen gewonnen. Die meisten der größeren und viele kleinere Vorkommen standen in Abbau. Schwerpunkt des Abbaus war bis zur Jahrhundertwende das Gebiet um Hof, Gattendorf, Trogenau und Regnitzlosau. Hier und an anderen Stellen des Frankenwaldes dürften über 30 Steinbrüche oder Abbaugebiete in Betrieb gewesen sein.

Der Stein diente in vielfältigster Weise der Herstellung von Kunst- und Gebrauchsgegenständen, die an verschiedenen Stätten (berühmt war die „Marmorfabrik" des Zuchthauses St. Georgen in Bayreuth) zusammen mit anderen Gesteinen des Frankenwaldes und Fichtelgebirges als „Oberfränkischer Marmor" gefertigt wurden: Altäre, Denkmäler, Reliefarbeiten, Taufsteine, Grabsteine und -platten, Särge und andere ornamentale Kunst finden sich in zahlreichen Kirchen und Schlössern der Umgebung, aber auch in ganz Deutschland und im Ausland.

An Kleinkunst und Gebrauchsgegenständen war die Herstellung etwa von Krügen, Dosen, Spiegel- und Bilderrahmen, Brettspielen, Gewichten, Möbelplatten usw. üblich. Auch als Baustein für einfachen und gehobenen Bedarf wurden Flaserkalke lange Zeit verwendet. – Nur beiläufig sei erwähnt, daß die Kalke auch gebrannt wurden und als „Schwarzkalk" zu Düngezwecken in den Handel kamen.

Die heutige Gewinnung und Verarbeitung der Flaserkalke hat sich allein bei Horwagen und am Köstenhof (nordöstlich Köstenberg) erhalten (s.o.). Der Stein wird heute vor allem in der Innenarchitektur als Bodenbelag, Wandverkleidung, Fensterbänke, Treppenstufen, Kaminverkleidung, aber auch ähnlich früher in künstlerischer Weise als Monolith zu Altarsteinen, Ambonen, Grabsteinen, Schrifttafeln u.a. verwendet. Im Außenbereich dient er vornehmlich bossiert als Massivbaustein für Mauern. Abfallprodukte werden zu verschiedenen Körnungen gebrochen und als buntes bzw. graues Terrazzomaterial verarbeitet. Die Steine aus Horwagen und Wallenfels finden im In- und Ausland, sogar in Übersee, Verwendung. Die Verarbeitung nicht als Werkstein nutzbarer Flaserkalke zusammen mit Grauwacke zu Schotter (Trogenau) sei nur am Rande erwähnt.

Vorkommen: Von den zahlreichen Einzelvorkommen des Flaserkalkes seien nachfolgend nach Gradabteilungsblättern 1:25 000 geordnet die wichtigsten bzw. flächenmäßig bedeutendsten, soweit zugänglich, aufgeführt. (Die genaue Lage geht aus den Geologischen Karten v. Bayern i.M. 1:25 000 hervor):

5434 Leuchtenberg, 5533 Spechtsbrunn, 5534 Lehesten
Zwischen Katzwich und dem Trogenbach über 10 mehrfach an Verwerfungen versetzte Vorkommen (größtenteils Knollenkalk?)

5635 Nordhalben
Nördlich und südlich Dürrenwaid
Am Rauheberg (Stbr. aufgel.)
Südöstlich Horwagen (Steinbruch in Betrieb, s.o.)

5636 Naila
Nordwestlich Schottenhammer (zwei Stbr. aufgel.)
Am Schertlas, östlich Weidesgrün (Stbr. aufgel.)

5637 Hof
Nordwestlich Leimitz (Stbr. aufgel.)

5638 Bobenneukirchen
Größeres Vorkommen nordwestlich Kirchgattendorf (alter Bruch verfüllt)
größeres Vorkommen zwischen Regnitzlosau und Schwesendorf (zwei Stbr. aufgel.)
Östlich Trogenau (Steinbruch in Betrieb)

5734 Wallenfels
Südwestlich Geuser (Stbr. aufgel.)

5735 Schwarzenbach am Wald
Beim Köstenhof (Steinbruch in Betrieb, s.o)
Westlich Köstenberg
Südlich Löhmar
Nördlich Räumlas
Südöstlich Döbra-Berg (Stbr. aufgel.)

Da viele dieser Vorkommen bereits regem Abbau unterlagen, manche dagegen nicht hinreichend aufgeschlossen sind oder waren, können letztlich über das Vorhandensein bauwürdiger Vorräte bzw. zu Ausbildung und technischer Qualität des Steines im einzelnen keine Aussage gemacht werden. Hierfür sind im Einzelfall besondere Untersuchungen erforderlich.

Stand 2000

Kohlenkalk (501)

(HERMANN WEINIG)

Die Bezeichnung Kohlenkalk wurde als stratigraphischer Begriff aus dem Rheinischen Schiefergebirge übernommen. Sie bezieht sich nicht auf die schwarzgraue Farbe des Gesteins, das früher auch Bergkalk genannt wurde.

Der Kohlenkalk tritt im Bereich des Frankenwaldes in linsenartigen Einzelvorkommen geringer Flächenausdehnung selten von über 100 m Längserstreckung auf. Soweit er nicht durch tektonische Einwirkung mit diskordant angrenzenden Hangend- oder Liegendschichten Kontakt hat, wird er von den Gesteinen der unterkarbonischen Grauwacke-Tonschieferserie umgeben.

Die Mächtigkeit der in allen möglichen tektonischen Stellungen anzutreffenden Kalke beträgt bei den einzelnen Vorkommen in der Regel nur wenige Meter bis ca. 20 m.

Gesteinsausbildung und Eigenschaften: Der Kohlenkalk ist schlecht geschichtet. Er sondert uneben, dünn- bis dickbankig, bisweilen auch uneben plattig-schiefrig ab. Oft ist die Schichtung nur andeutungsweise ausgebildet.

Der von Klüften meist unregelmäßig und wirr durchzogene Kalkstein wirkt dann klotzig-massig.

Der Kohlenkalk ist ein schwarzer bis schwarzgrauer, meist sichtbar körniger, bisweilen etwas oolithischer Stein. Er bricht daher rauh und unregelmäßig kantig-scherbig. In die feinkörnig-dichte Kalkmatrix sind Bruchstücke von Brachiopodenschalen oder Seelilienstielglieder, teils auch Körner von Quarz oder Tonschiefer eingebettet.

Seine Farbe ist durch feinverteilte, teils flüchtige organische Beimengungen verursacht, die sich beim frisch angeschlagenen Material durch den Geruch bemerkbar machen (daher auch „Stinkkalk").

Der Kohlenkalk wird fast immer von einem engen Netz grobspätiger Kalzit-erfüllter Klüfte in unregelmäßiger Anordnung durchzogen. Die millimeter- bis zentimeter-dicken Kluftfüllungen ändern rasch ihre Weite, sind meist scharf abgegrenzt, können sich aber auch fleckig-diffus im Kalkstein verlieren. Sie verleihen dem Gestein, ebenso wie die nur gelegentlich auffallenden kalzitischen Fossilreste, ein auffallendes, lebhaftes Schwarzweißmuster. Wenn auch Durchklüftung, Fossilführung und Körnung des Gesteins einem gewissen Wechsel unterworfen sind, tritt der Grundtyp des schwarzen, kalzitdurchäderten Kohlenkalkes in allen Vorkommen deutlich hervor. Als Varietäten des Kalkes von Poppengrün können „Blauschwarz" (wenig Kalzitadern) und „Schwarzweiß" (reichliche Kalzitdurchnetzung) genannt werden (frühere Handelsnamen: „Döbraer Schwarz" bzw. „Schwarz-Weiß").

Der Kohlenkalk ist trotz seiner dunklen Farbe ein hochprozentiger Kalkstein mit $CaCO_3$-Gehalten von 97 bis über 98%. Der Rest verteilt sich auf Tonerde, Quarz und akzessorische Bestandteile, zu denen auch die organischen Bestandteile gehören.

Der äußerst harte Kalkstein besitzt Druckfestigkeiten von 180–220 N/mm^2. Die Rohdichte beträgt 2,7 g/cm^3. Der Kohlenkalk ist, soweit bisher bekannt, frostsicher. Er läßt sich verschleifen und polieren.

Gewinnung und Verwendung: Der Kohlenkalk des Frankenwaldes wurde zur Zeit der Blüte der Marmorgewinnung im Frankenwald als schwarzer „Marmor" gebrochen und ornamental, als Wandverkleidung oder kunstgewerblich verarbeitet. Er findet sich z.B. in vielen Schlössern und Prachtbauten Bayerns und Böhmens. Marmorgewinnung wurde südlich Schwarzenbach, bei Poppengrün („Döbraer Schwarz" bzw. „Schwarzweiß" und westlich Trogenau oder bei Zeyern („Zeyern Schwarz") betrieben. Die Schwierigkeit, große, ebenmäßige Blöcke zu gewinnen, ließ diese Art der Verwendung jedoch – verglichen mit dem Flaserkalk – nie zu großer Blüte gelangen.

Seiner Reinheit wegen wurde der Kalk, vor allem bei Poppengrün, zur Branntkalkerzeugung verwendet. Der Kalkarmut des Frankenwaldes verdankte er seine Verwendung als Dünge- und Futterkalk.

Heute besteht als einziger laufend betriebener Abbau auf Kohlenkalk der Steinbruch bei Poppengrün. Das Gestein wird durch Sprengung gewonnen, gebrochen, zu verschiedenen Splittkörnungen klassiert und als Sichtzuschlag bei

der Herstellung von Betonwerksteinen (geschliffen, sandgestrahlt, abgesäuert) oder Waschbetonsteinen verwendet. Obwohl der Stein ein sehr ansprechendes Dekor besitzt, ist seine Verwendung als Werkstein, da schwer in ausreichender Kubatur zu gewinnen, nicht vorgesehen.

Vorkommen: Kohlenkalke finden sich außer bei Poppengrün in etwas größerer Verbreitung und zugänglicher Position nur noch in zwei benachbarten Vorkommen südlich Schwarzenbach. Die übrigen, der Geologischen Karte von Bayern 1:25 000 zu entnehmenden, im Frankenwald verstreut liegenden Vorkommen haben nur geringe Ausdehnung oder sind weitgehend abgebaut.

Zechsteindolomit (502)

(Albert Dobner)

Marine Zechsteinsedimente, die als Lagerstätten der Steine und Erden Bedeutung erlangten, sind neben dem Zechsteinton die Zechsteindolomite im Spessart.

Der schmale Ausbiß folgt als Band dem Fuß der Buntsandsteinstufe und umgibt kragenartig die ihr vorgelagerten Zeugenberge (z.B. Gräfenberg und Klosterberg nördlich Hösbach). Der Zechsteindolomit zieht sich von der Landesgrenze nordwestlich Huckelheim über Schöllkrippen und Sommerkahl bis in den Raum Rottenberg, wo er seine größte oberflächliche Verbreitung erlangt. Weiter nach Süden keilen die Schichten aus oder sind nur noch als Reste vorhanden. Das Liegende bilden gewöhnlich wenige Meter mächtige Konglomerate oder Grundgebirgsbreccien mit dem überlagernden Kupferletten. Gegen das Hangende schließen dann rotbraune Mergel und Tone des Oberen Zechsteins an.

Gesteinsausbildung und Eigenschaften: Im Hauptverbreitungsgebiet nördlich der Aschaff-Laufach beträgt die Mächtigkeit der Dolomite in der Regel 5–10 m, kann aber örtlich bis 20 m anwachsen. Die Dolomite sind im unteren Bereich (2–4 m) überwiegend dunkelgrau, bituminös und dünnplattig bis bankig (2–25 cm), nach oben hellt die Farbe mit nachlassender Bitumenführung auf und geht in graue bis braune Farbtöne über. Im mittleren und oberen Bereich sind dann dickbankige (1–2 m), teils mit dünnen Tonlagen durchsetzte und massige Dolomite vorherrschend. Das dichte oder fein- bis kleinkörnige Gestein erscheint im frischen Anbruch fest und deutlich geschichtet. Die Schichtflächen sind glatt und eben, manchmal auch wellenförmig. Vom Hangenden greifen häufig tiefreichende Karstspalten und Schlotten in die Dolomite ein, die mit rotbraunen Residualtonen gefüllt sind. In weiten Bereichen sind diese Karbonatgesteine einer Erosionsphase im Mittleren Zechstein teilweise oder ganz zum Opfer gefallen oder weitgehend verkieselt.

Bei den Gesteinen, wie sie oben als typische Ausbildung beschrieben sind, handelt es sich vom Chemismus her um kalkige bzw. schwach tonig-kalkige Dolomite. Mehrere chemische Analysen des Gesteins, in der Mehrzahl aus Steinbrüchen, erbrachten folgende Mittelwerte (Schwankungsbereiche), bezogen auf getrocknete Substanz (Gew.-%):

CaO: 30,5 (26,7–33,5)%; MgO: 18,6 (15,3–20,3)%; Fe_2O_3: 1,8 (0,4–6,3)%; Mn_3O_4: 1,3 (0,2–4,3)%; SiO_2: 1,1 (0,2–1,8)%; Al_2O_3: 0,2 (0,0–0,7)%; Glühverlust: 44,6 (39,8–46,8)%; Cu: 40–150 ppm; Zn: 30–70 ppm; Mo: ca. 80 ppm.

Gewinnung und Verwendung: Die derzeitige Gewinnung beschränkt sich auf zwei Brüche bei Rottenberg, die der Versorgung einer Kalkbrennerei dienen. Als Produkte werden gemahlene und gekörnte magnesiumreiche Dünger hergestellt.

Stand 2000

Kalksteine des Muschelkalkes

Kalksteine des Unteren Muschelkalkes (510)

(Albert Dobner)

Zu den wichtigsten Kalksteinvorkommen in Bayern zählen die Schichten des Unteren Muschelkalks. Diese auch als Wellenkalk bezeichnete Gesteinsabfolge ist gekennzeichnet durch wellige, wulstige bis knollige und in einigen Profilbereichen mergelige Kalksteinbanklagen. Dazwischen liegen weithin horizontbeständige Schill- und Konglomeratlagen sowie körnige (kristalline), oolithische Kalksteinbänke. Lithologische Merkmale und das Gefüge sprechen für eine Entstehung in einem flachen Meeresbecken.

In Unterfranken erreicht diese Gesteinsabfolge etwa 80–100 m Mächtigkeit. Die Gesteinsausbildung ist in diesem Raum sehr gleichmäßig, es ist lediglich eine geringe Mächtigkeitsabnahme von Norden nach Süden zu beobachten.

Östlich des Jura, etwa von Coburg nach Südosten ist ebenfalls eine Verringerung der Mächtigkeit festzustellen, die einhergeht mit zunehmender Versandung in Richtung auf die ehemalige Küstenlinie. Aus diesem Grund sind die Vorkommen des Unteren Muschelkalks in diesem Bereich als Lagerstätte von untergeordneter Bedeutung und auf der Karte nicht dargestellt worden. Die folgende Beschreibung bezieht sich deshalb nur auf die kartenmäßig ausgewiesenen (dargestellten) Vorkommen.

Gesteinsausbildung und Eigenschaften: Bei den Gesteinen der sogenannten „Wellenkalkfolgen", die den überwiegenden Teil des Profils aufbauen, handelt es sich um hell- bis mittelgraue, cm- bis dm-dicke Kalksteinlagen, deren Schichtflächen wellen- bis wulstartig ausgebildet sind. Die einzelnen Kalksteinlagen sind durch dünne Tonsteinhäutchen getrennt. Für das Gestein typisch sind engstehende Klüftung und netzartige Verhärtungen durch diagenetische Prozesse.

Die Rohdichte liegt allgemein zwischen Werten von 2,35–2,75 g/cm^3, im Mittel zwischen 2,60 und 2,70 g/cm^3. Die Druckfestigkeiten schwanken etwa zwischen 80 und 200 N/mm^2. Im Schnitt kann man wohl mit Werten um 110–120 N/mm^2 rechnen. Aus diesen Werten läßt sich bereits erkennen, daß das durch Brechen und Sieben aufbereitete Material für Kalksteine relativ dicht ist und nur eine geringe Wasseraufnahme zuläßt. Die Werte liegen hier bei 0,1–0,5 Gew.-% (unter Athmosphärendruck) und übersteigen nur gelegentlich die obere Grenze.

Weitgehend gesteinsabhängige Kenndaten sind aus der Messung von mechanischen Beanspruchungen zu gewinnen. Die Widerstandsfähigkeit des Schotters (Korngruppe 32/45) gegen Schlag liegt bei SD 10-Werten um 26–28 Gew.-% in günstigen Fällen bis nur 20 Gew.-% (DIN 52109). Der Schlagzertrümmerungswert von Splitt $SZ_{8/12}$ liegt gewöhnlich um 23 Gew.-%.

Von den vielen charakteristischen, z.T. fossilführenden Leitbänken, mit denen sich das Profil gliedern läßt, sind die Terebratel- und Schaumkalkbänke sowohl die auffälligsten als auch wirtschaftlich bedeutendsten. Ihre Druckfestigkeiten liegen im oberen Bereich der angegebenen Werte, teilweise können bei den Schaumkalkbänken auch 200 N/mm^2 überschritten werden.

Die Untere Terebratelbank erreicht Mächtigkeiten von 0,15–2,0 m (im Mittel ca. 1 m), sie besteht aus blaugrauem, nördlich von Hammelburg auch oolithischem Kalkstein, der ihr den Namen „Blaubank" eingebracht hat. Diese Bank liegt etwa an der Grenze vom mittleren zum oberen Drittel des Gesamtprofils. Die knapp darüber liegende, bis 0,5 m mächtige Obere Terebratelbank ist häufig nicht ausgebildet. Die drei Schaumkalkbänke, von denen in der Regel nur die unteren zwei gut ausgebildet sind, liegen im oberen Drittel des Profils. Diese harten und kompakten, bis zu 2 m (Mittel um 1 m) mächtigen Kalksteinbänke besitzen aufgrund ihrer oolithischen Struktur eine schaumig-poröse Gesteinsausbildung, die vor allem im angewitterten Zustand hervortritt und ins Auge fällt.

Die chemische Zusammensetzung, die für die Zementherstellung bedeutend ist, ergibt nach vorliegenden Unterlagen auf das Gesamtprofil des Unteren Muschelkalkes bezogen etwa folgende Werte in Gew.-%:

$CaCO_3$: 80%; SiO_2: 10,5%; Al_2O_3: 4,5%; Fe_2O_3: 1,45%; MgO: 1,0%; Rest: K_2O, Na_2O, S, Cl.

Das Verhältnis Ca:Mg liegt in großen Profilbereichen bei 50:1 bis 40:1, und nur in einigen Fällen wird es unter- oder überschritten.

Gewinnung und Verwendung: Mengenmäßig an erster Stelle steht der Kalksteinabbau zur Gewinnung von Betonzuschlag- und Straßenbaustoffen. Die für diesen Zweck angelegten Brüche sitzen generell in den oberen beiden Dritteln des Wellenkalkprofils und verwenden alle Schichten bis an die Grenze des Mittleren Muschelkalks. Die geringen Mergelsteinzwischenlagen und die Härte des Gesteins bedingen nur einen geringen Anfall von Vorabsiebmaterial (ca. 15–18 Gew.-%). Die im unteren Drittel sich häufenden Mergelsteinlagen werden nicht mitabgebaut.

Als Naturwerkstein werden bei Bad Neustadt/Saale die Schaumkalkbänke und teilweise auch die Untere Terebratelbank gewonnen.

Das für Kalksteine sehr harte Gestein kann zu Bodenplatten, Bossensteinen und ähnlichen Erzeugnisse verarbeitet werden. Nachteil dieser Gesteine ist wie bei allen Kalksteinen die Anfälligkeit gegenüber aggressiven Wässern (CO_2-Überschuß).

Die Eignung als Rohstoff für die Zementherstellung ist in erster Linie von der chemischen Zusammensetzung abhängig. Um den für die Herstellung des Zementklinkers nötigen Al-Gehalt zu erreichen, werden auch die für die

Schotterherstellung ungeeigneten mergeligen Kalke im unteren Drittel des Profils abgebaut. Als günstige Voraussetzung für die Zementherstellung ist der geringe Mg-Gehalt hervorzuheben.

Der im Kalkstein vorhandene Eisengehalt reicht nicht aus, um die derzeit geforderte Qualität herzustellen. Eine Korrektur durch den Abbau von mergelhaltigen Partien ist nicht möglich, da dadurch der Aluminium- und Alkaligehalt die zulässige Höchstgrenze übersteigen würde. Der Eisenanteil muß deshalb in Form von Zusätzen von Nebenprodukten aus der Hüttenindustrie (z.B. Hochofenschlakke) angehoben werden.

Vorkommen: Die heute wirtschaftlich bedeutenden Vorkommen des Unteren Muschelkalkes, auf denen Abbau umgeht, ziehen sich in einem meist mehrere Kilometer breiten Ausbiß von Südwesten nach Nordosten quer durch Unterfranken. Der von der württembergischen Grenze südwestlich Neubrunn nach Nordosten streichenden Ausbiß teilt sich durch die Aufwölbung des Thüngersheimer Sattels in zwei Äste. Der südöstliche von ihnen zieht über Helmstadt, Erlabrunn bis Retzbach, um dort unter die jüngeren Schichten abzutauchen. Die gegen den Buntsandstein grenzende Ausbißfläche des nordwestlichen Zweiges folgt etwa der Linie Erlenbach-Urspringen-Hammelburg und zieht dann etwa am Südufer der Fränkischen Saale in den Raum Heustreu-Mellrichstadt, wo sie sich in verschiedene Kleinbereiche auflöst. Als morphologisches Charakteristikum bildet der Wellenkalk in seinem Ausbißbereich häufig Steilhänge, an deren Hangschultern die harten und relativ verwitterungsresistenten Schaumkalkbänke ausstreichen.

Stand 2000

Normalfazies des Oberen Muschelkalkes (511)

(HERMANN WEINIG)

Der Obere Muschelkalk oder Hauptmuschelkalk umfaßt in seiner Normalausbildung eine streng geschichtete Wechselfolge aus Kalksteinen und Ton-Mergel-Lagen. Hauptverbreitungsgebiet ist der Bereich des Maindreiecks sowie der nördlich anschließende Raum zwischen Mellrichstadt-Schweinfurt-Haßfurt. Die Mächtigkeiten bewegen sich zwischen 70 und 95 m. Die Muschelkalkgebiete des oberfränkischen Bruchschollenlandes gehören dagegen überwiegend der sandig-tonigen Beckenrandfazies an. Im Ausstrich bildet der Obere Muschelkalk häufig steile Hänge, die vor allem den Taleinschnitt des Mains säumen, jedoch ist er auch an den Hängen der Nebentäler, z.B. von Werrn, Pleichach sowie vieler anderer Bäche, innerhalb der sonst nur sanft gewellten „Fränkischen Platte" anzutreffen.

Gesteinsausbildung und Eigenschaften: Die Abfolge des Oberen Muschelkalkes setzt sich zusammen aus mehreren Folgen von plattig-dünnbankigen Kalksteinen und Tonsteinen, wobei sowohl die Tonsteinpakete Kalksteinbänke führen wie auch die Kalksteine mit mehreren Zentimeter bis Dezimeter dicken. Tonmergellagen alternieren. Besonders im oberen Drittel des Hauptmuschelkalkes treten mehrere einige Dezimeter mächtige, markante Bänke hervor, die praktisch im gesamten Verbreitungsgebiet auftreten und dem Geologen als charakteristische Leitbänke dienen (s.u.). Die Kalkplatten und -bänke besitzen

nur selten vollkommen ebene Oberflächen, vielmehr sind die Schichtflächen mehr oder weniger wellig bis wulstig ausgebildet. Auch die innere Struktur mancher Kalkbänke kann im Verein mit toniger Durchnetzung des Steines wulstig-knollig sein, wodurch die Festigkeit der Bänke verlorengeht und diese bei mechanischer Beanspruchung in Teilstücke aufgelöst werden können. Die Namen „Wulstkalke", „Kiesbank" oder „Knauerige Bank" bezeichnen diese Sedimentausbildung gut. Kalksteine treten auch isoliert in tonig-mergeliger Umgebung als Ovaloide („Laibsteine") auf, die zum Teil sehr große Härte besitzen.

Die Kalksteine sind in zwei charakteristischen Typen ausgebildet, die von alters her von den Steinbrechern unterschieden werden:

Buchene Kalke: Graufarben, dicht, glatt bzw. muschelig brechend, tonig, beim Anschlagen teils kräftig riechend, verschieden hart.

Eichene Kalke: Verschieden grau, mehr oder weniger kalzit-kristallinisch (fein bis gröber), dicht, rauh bzw. spätig brechend, schalen- bzw. schillführend, meist sehr hart.

Eichene und buchene Kalke können sowohl im Vertikalprofil wie auch in der Horizontalen wechseln bzw. durch Übergänge einander ablösen. Buchene Kalke sind die vorherrschende Ausbildung der plattig-dünnbankigen Kalksteinfolgen. Die harten eichenden Kalke bilden dagegen vorwiegend die dickeren Bänke und Leitbänke.

Die Bänke und Bankfolgen des Oberen Muschelkalkes sind zwar unterschiedlich hart, haben sich jedoch – buchen wie eichen – durchweg als frostsicher erwiesen. Die heute im modernen Straßenbau geforderten Werte der Schlagfestigkeit könnten mit den Kalksteinen des Oberen Muschelkalkes nur durch einen vergleichsweise hohen Aufwand an Aufbereitung erreicht werden, da ein beträchtlicher Anteil an weicherem, unverwertbarem Material abzutrennen wäre.

Gewinnung und Verwendung: Die Kalksteine des Oberen Muschelkalkes waren in ihrem gesamten Verbreitungsgebiet seit Jahrhunderten der wichtigste Baustein, der neben der Fachwerkbauweise das Dorf- und Städtebild vor allem der im Maintal gelegenen Siedlungen entscheidend prägte. Die plattig-bankige Ausbildung der durch weiche Zwischenlagen getrennten Kalksteine erleichterte sowohl die Bausteingewinnung wie auch das Aufeinandersetzen der Steine zum Mauerwerk. Die nur senkrecht zur Schichtung zu formatisierenden Kalksteine der Normalfazies wurden dabei vor den Bausteinen des Quaderkalkes (s. Nr. 512) aus Kostengründen und wegen der einfacheren Verarbeitungstechnik bevorzugt verbaut.

Eichene wie buchene Kalke aller kompakten Lagen wurden verwendet für den Bau von Wohnhäusern, Wirtschaftsgebäuden, historischen Bauten wie Schlösser, Kirchen, Rathäuser, sowie Türme, Tore und Mauern der Stadtbefestigung. Dabei fanden die härteren und helleren eichenen Kalke häufig als Fenster und Türumrahmung, Treppenstufen und Randsteine Verwendung. Stellvertretend für viele Städte, die noch heute durch die Bausteine des Oberen Muschelkalkes geprägt sind, sei etwa auf die Stadtkerne von Kitzingen, Marktbreit (Rathaus) oder Ochsenfurt wie besonders auf zahlreiche Befestigungen und Tortürme vieler

Siedlungen des Maindreieckes z.B. von Kitzingen, Marktbreit, Frickenhausen, Sommerhausen oder Eibelstadt verwiesen. Zum Bild der Dörfer und Städte des Muschelkalkgebietes gehören aber auch die Straßen und Gassen aus Kopfsteinpflaster. Diese Art des Straßenbaus stellte hier einst einen bedeutenden Handwerkszweig dar.

Zahlreiche Steinbrüche schlossen den gesamten Bereich des Hauptmuschelkalkes auf, waren aber vornehmlich auf dessen Oberes Drittel (Oberer Muschelkalk 3) konzentriert, wo die „Dickbankzone" mit der darüberfolgenden „Plattenkalksteinfolge 6" neben einigen anderen Dickbänken die ergiebigsten Bausteinlagen darstellten. Mit der Verwendung neuer Baumaterialien kamen die Steinbruchbetriebe nach dem 2. Weltkrieg rasch zum Erliegen. Wie begehrt aber der Baustein war, zeigen die zeitweise weit über 200 Unertageabbaue (meist Stollenabbau im Ein-Mann-Betrieb), die jeweils auf den Abbau einer bestimmten Dickbank angelegt waren. Der letzte dieser vor allem im Maingebiet zwischen Kitzingen-Schweinfurt-Haßfurt betriebenen Stollen wurde 1964 aufgegeben.

In Abbau standen vor allem die Cycloidesbank (aus pfenniggroßen, rundschaligen Fossilien bestehend), mehrere Bänke der Dickbankzone, bisweilen auch Bänke nahe der Obergrenze des Hauptmuschelkalkes wie etwa die Hauptterebratelbank (daumengroße, rundschalige Fossilien führend, von den Steinbrechern Bank der „Gänsäugeten" genannt).

Heute werden noch drei Steinbrüche im Hauptmuschelkalk betrieben, und zwar bei Rottenbauer südlich Würzburg, westlich der Autobahnbrücke Dettelbach sowie an der Werntal-Autobahnbrücke. In jedem Falle werden die Kalksteine vor allem als Wegebaumaterial verarbeitet. Der vergleichsweise hohe Anteil der Vorabsiebung, die unterschiedliche Härte der Kalksteine sowie der über den Kalksteinbänken bei fortschreitendem Abbau rasch an Mächtigkeit zunehmende Abraum aus Ton- und Schluffsteinen erschweren die Gewinnung und Verarbeitung des Hauptmuschelkalkes. Mit der Neuanlage von Steinbrüchen ist daher künftig nicht zu rechnen.

Stand 2000

Quaderkalkfazies des Oberen Muschelkalkes (Werksteinbänke) (512)

(HERMANN WEINIG)

Der Quaderkalk stellt eine spezielle Ausbildung innerhalb des fränkischen Hauptmuschelkalkes dar, die als technisch hochwertiger Naturwerkstein – in vielfachen Varianten auftretend – eine hervorragende Stellung einnimmt. Die folgende Darstellung stützt sich neben eigenen Erhebungen vor allem auf die Bearbeitungen des Quaderkalkes durch BAYERISCHES OBERBERGAMT (1936), HOFMANN (1967) und DREXLER (1964), dessen ausgezeichnete und umfassende Arbeit hier besonders hervorzuheben ist.

Der Quaderkalk ist ein Bruchschillkalk, der, wie der Name andeutet, bei typischer Ausbildung in dickbankigen Quadern absondert. Das Gestein wurde früher neben verschiedenen Handels- und Sortenbezeichnungen (s.u.) wissenschaft-

lich „Trigonoduskalk" (für den fränkischen Raum fälschlich -dolomit), in der Steinbruchpraxis allgemein „Kornstein" genannt. Der Steinbrecher unterschied weiter die Untergruppen „Muschelkalk" und „Schaumkalk", die in etwa mit den Faziesgebieten des Kalk-Tonbereiches bzw. des Kalkbereiches (s.u.) in Verbindung zu bringen sind.

Der im Raum zwischen Rothenburg ob d.T. und Würzburg auftretende Quaderkalk vertritt die höheren Schichten der plattig-bankigen, kalkig-tonig-mergeligen Wechselfolge der Normalfazies des Oberen Muschelkalkes, teils schiebt er sich in zusätzlichen, rasch sedimentierten Lagen zwischen die Schichtglieder der Normalfazies. Bruchschillkalke können zwar fast jeden Horizont etwa der oberen 18 m des Hauptmuschelkalkes ersetzen, jedoch treten sie bevorzugt in folgenden stratigraphischen Bereichen auf (nach DREXLER 1964 bzw. HOFMANN 1967):

Oberhalb des Ostrakodentones:	Glaukonit-Quaderkalkstein
zwischen Ostrakodenton und Gelbem Kipper:	Oberer Hauptquaderhorizont
unterhalb des Gelben Kippers:	Quaderkalkstein der knauerigen Bank
inmitten der Plattenkalksteinfolge 6:	Unterer Hauptquaderhorizont

Von technischer Bedeutung sind heute vor allem die beiden Hauptquaderhorizonte.

Der Quaderkalk stellt somit keine durchgehende Bankfolge dar, vielmehr durchfächert er in mehreren nebeneinander und übereinander liegenden Schüttungskörpern die Normalausbildung, wobei die Verfrachtung des Bruchschills im Süden etwa vom Raum südwestlich Rothenburg ausgeht und östlich Würzburg ihr Ende findet. Die Schüttungen verzahnen sich lateral mit normal geschichtetem Muschelkalk wie auch untereinander. Somit ergibt sich eine gebietsweise stark differierende Wechsellagerung beider Faziestypen, wobei im Zentralgebiet der Quaderkalkverbreitung Bruchschillfazies, an deren Rändern dagegen die Normalfazies vorherrscht. SCHUSTER (in BAYERISCHES OBERBERGAMT 1936) unterteilt das Verbreitungsgebiet in einen zentralen „Kalkbereich", der von dem randlichen „Kalk-Tonbereich" umgeben wird. Beide Faziesbereiche sind durch unterschiedliche Qualitätsmerkmale des Kalksteins gekennzeichnet.

Die teilweise aus harten Schichten bestehende Folge des Oberen Muschelkalkes bildet mit ihrer Bedeckung durch die weicheren, überwiegend tonig-kalkig ausgebildeten Sedimente des Unteren Keupers zwischen Rothenburg und Würzburg eine weitgespannte, sanftwellige Hochfläche (Gäulandschaft). Nur dort, wo diese Fläche durch die Täler von Main und Tauber oder ihre zahlreichen Nebentäler zerschnitten ist, streichen die Schichten des Oberen Muschelkalkes bzw. die Quaderhorizonte aus. Sie bilden die Schultern der Talhänge, in denen die Gewinnungsstellen auf Quaderkalk angesetzt sind.

Die heute in Abbau stehenden Werksteinbänke (Oberer und Unterer Hauptquaderhorizont) liegen 4 m bzw. etwa 13 m unter der Keuperbasis. Diese

hangenden Schichten des Quaderkalkes, meist auch noch mehrere Meter Keuperauflage sind als Abraum zu bewältigen.

Die so in verschiedenen Talgebieten angeschnittenen Quaderkalkbereiche sind weitgehend durch Gebiete getrennt, in denen die Anlage von Steinbrüchen wegen zu mächtiger Abraumschichten nicht möglich ist. Infolge der Änderung von Schichtaufbau und Gesteinsausbildung ist in diesen Gebieten voneinander abweichende, teils sehr unterschiedlich zu bewertende Werksteinausbildung anzutreffen.

Gesteinsausbildung und Eigenschaften: Mit dem Faziesbegriff Quaderkalk werden in der Geologie ohne Rücksicht auf technische Qualitätsmerkmale oder abbaufähige Mächtigkeiten zahlreiche, teils recht unterschiedliche Gesteinsvarietäten zusammengefaßt, die durch die Bezeichnung Bruchschillkalksteine treffend beschrieben sind. Die Gesteine der Quaderkalkfazies bestehen demnach aus mehr oder minder zerriebenen Schalen hauptsächlich von Brachiopoden und Muscheln, die von kalkiger Grundmasse zusammengehalten werden. Je nach dem Grad der Schalenerhaltung, dem Mengenverhältnis von Schalenschill und kalkiger Grundmasse, Struktur und Farbe von Grundmasse und nachträglich ausgefüllten Zwickelräumen sowie Ausmaß und Art der Hohlraumbildung durch unerfüllte Zwickelräume ergeben sich sehr unterschiedliche Gesteinsvarietäten.

Die wichtigsten Gesteinsmerkmale können dabei wie folgt variieren:

Schalenerhaltung:	a) Schalen weitgehend unversehrt b) Schalen zu feinem Detritus zerkleinert
Mengenverhältnis Schill/Grundmasse:	a) Matrix weitgehend zurücktretend, (Schillkörper dann mit vielen Zwickelräumen; diese offen oder verfüllt) b) Schalen fast ganz von Kalkmatrix umgeben
Zwickelräume:	feinporig, porig-narbig, porig-lückig oder fehlend (Gestein weitgehend dicht)
Zwickelfüllung:	tonig (dunkel) kalkig (meist heller) kalkig-eisenoxidisch (ocker- bis rostfarben) kalzitisch (farblos)
Struktur von Zwickelfüllung bzw. Grundmasse:	ohne sichtbare kristalline Komponenten, fein- bis grobkristallinisch-spätig

Hinzu kommen zahlreiche Farbvarietäten der Gesteine, wobei sich allgemein die dunklen Schalenquerschnitte von meist hellerer, jedoch äußerst variabler Grundmasse (z.B.: grau, blau, beige, bräunlich) und Zwickelfüllung gut abheben.

Die sich aus der Kombination obiger Gesteinsmerkmale ergebende Variationsbreite wird noch vergrößert durch teils lagigen Wechsel und Übergänge der

Ausbildungsformen. Hinzuweisen ist auf das Bemühen DREXLERS (1964), eine Klassifikation der Gesteinsvarietäten des Quaderkalkes, bezogen auf bestimmte Verbreitungsgebiete, aufzustellen.

Die Vielfalt von Gesteinsausbildung, Schichtaufbau und Mächtigkeit der Quaderkalkvorkommen erfordert es, diese getrennt nach Verbreitungs- bzw. Abbaugebieten zu beschreiben. Freilich können hier nur die wichtigsten Haupttypen Erwähnung finden, da auch innerhalb dieser weiträumigen Gebiete vielfacher Wechsel gegeben ist. Zweckmäßig ist hierbei eine Aufteilung in den zentralen „Kalkbereich" und den randlichen „Kalk-Tonbereich" (nach BAYER. OBERBERGAMT, 1936), in der sich gerade heute die unterschiedliche technische Verwendung der Quaderkalke widerspiegelt.

Im „Kalk-Tonbereich" des Quaderkalkes verzahnen sich Normalfazies mit Bruchschillfazies, was in einer Wechsellagerung beider Ausbildungen zum Ausdruck kommt. Die durch den längeren Transportweg bedingte Auslese und Sortierung des Bruchschills könnte zu den teils besonders guten Gesteinsqualitäten beigetragen haben, die gerade für den Bereich scharfer vertikaler Trennung der Quaderkalke von der Normalfazies charakteristisch ist. Heute spielt sich die Gewinnung hochwertiger Naturwerksteine fast ausschließlich in diesem Randbereich des Gesamtverbreitungsgebietes ab:

Das Gebiet zwischen Kleinrinderfeld und Bütthard stellt heute das Hauptgewinnungsgebiet von Quaderkalken dar. Abgebaut wird der Obere Hauptquaderhorizont, der insgesamt eine Mächtigkeit bis zu 6 m (im Durchschnitt 4 m) erreichen kann und im allgemeinen aus folgenden, hinsichtlich Ausbildung und Qualität sehr unterschiedlich zu bewertenden Lagen aufgebaut ist:

Oberbank (bzw. Schale)
Kernstein
Blaubank (bzw. Goldbank)
Kernstein (bzw. Schale)

Diese Bankfolge ist im Abbaurevier zwischen Kleinrinderfeld und Bütthard zwar häufig anzutreffen, jedoch können sich die Gesteine (Sorten) teils gegenseitig vertreten, wie z.B. „kerniges" Material immer auftreten kann. Blaubank bzw. Goldbank liegen, falls ausgebildet, meist in der Mitte der Abfolge. „Schalige" Ausbildung tritt bevorzugt in den oberen und unteren Lagen der Bankfolge auf. Im einzelnen sind die Sorten wie folgt zu charakterisieren:

Oberbank: Infolge abhebender Schichtfugen („schalige" Ausbildung) und engerscharigen Vertikalklüften treten größere Quader weitgehend zurück. Die Bank ist deshalb, obgleich der Stein selbst sehr gut (nach Art des Kernsteins, – s.u.) ausgebildet ist, häufig nur zum (geringen) Teil als Werkstein zu verarbeiten und wird somit teilweise als „Schale" verkippt.

Kernstein: Der Kernstein idealer Ausbildung („kernig"), ist ein fester, wechsellagig aus Grobschalenlagen und feinem Schalenzerreibsel aufgebauter

Werkstein, der immer leicht porös ist. Der gelblich-graue Stein bildet großquadrige Bänke, in denen Schichtfugen (Lager) weitgehend zurücktreten. Wenn Kernstein von rost- bis ockerfarbenen Zwischenfüllungen auffallend geprägt ist, spricht man von „Rotbank".

Blaubank bzw. Goldbank: Die Blaubank ist ein blaugrauer Stein, bei dem der Bruchschill mengenmäßig zurücktritt und völlig von kalkiger Füllmasse umgeben ist. Daher ist diese Bank sehr dicht ausgebildet.

Die kalkige Matrix der Blaubank kann durch oxidative Umwandlung eine ockerfarbene Tönung annehmen, die für das Gestein prägend ist. Man spricht dann von der „Goldbank". Die von den Außenflächen der Quader vordringende Umwandlung kann fehlen oder die gesamte Blaubank erfassen. Häufig ist im Zentrum der Quader noch „Blaubank" erhalten, die von „Goldbank" umgeben ist. Blau- bzw. Goldbank können bisweilen auch nach Art des Kernsteines ausgebildet sein.

Die Blaubank, vor allem aber ihr unterer Teil kann auch von „schaliger" Ausbildung betroffen sein, was je nach Ausmaß der Schicht- und Kluftbildung zu starker Wertminderung oder sogar Wertlosigkeit dieser Bank führen kann.

Der im Hangenden der Oberbank häufig anzutreffende Quaderkalk (meist unter 1 m mächtig) erreicht in der Regel keine Werksteinqualität („Zugbank").

Zu hoher Festigkeit und allgemein guter Gesteinsqualität des Oberen Hauptquaderhorizonts tragen mehr oder weniger deutlich ausgebildete fein- bis gorbkristallinische Umkristallisation der Schalenteile zu Kalkspat oder spätige Zwickelfüllungen bei, wodurch die Kalke im Anbruch glitzerndes Aussehen erhalten. Vor allem die als verhältnismäßig dichter Kernstein ausgebildeten Kalke besitzen kristallinen Habitus.

Die Sortenbezeichnungen Kernstein, Goldbank, Blaubank, Rotbank werden zusätzlich nach ihren Gewinnungsstellen benannt, etwa „Kirchheimer Goldbank", „Mooser Kernstein", „Krensheimer Kernstein" (Baden-Württemberg), ein Hinweis auf regional abgewandelte Gesteinsausbildung der gemeinsamen Grundtypen. Diese modernen Sortenbezeichnungen haben frühere Handelsnamen wie „Unterfränkischer Granit", „Kirchheimer Marmor" u.a. abgelöst.

Das Gebiet beiderseits des Maintales zwischen Marktbreit und Randersacker: Das Maintal durchschneidet zwischen Marktbreit und Randersacker den gesamten Nordteil der Quaderkalkzunge, wobei im Raum Ochsenfurt-Goßmannsdorf auch der hier vorläufig ausgeklammerte zentrale „Kalkbereich" erfaßt wird (s.u.). Im Raum Winterhausen treten Übergänge bzw. enges Nebeneinander von randlicher und zentraler Ausbildung auf.

Im Gebiet des Maintales treten Quaderkalke über eine Profilhöhe bis zu 16 m unter der Obergrenze des Oberen Muschelkalkes auf, wobei besonders der Untere und der Obere Hauptquaderhorizont entwickelt sind und die Grundlage für die Kalksteingewinnung bilden.

. Während der bis über 3 m, durchschnittlich 2–2,5 m mächtige Obere Hauptquaderhorizont fast immer ausgebildet ist, kann der Untere Hauptquaderhorizont, dessen Mächtigkeit in der Regel bei 2–3 m liegt, auch völlig auskeilen.

Grundsätzlich treten im Niveau des Oberen Hauptquaderhorizontes die verschiedenen Gesteinsausbildungen des Kirchheimer Gebietes (s.dort) in ähnlicher Ausbildung auch im Maintal auf:

Fein- bis mittelkörnig, überwiegend feinporig, teils gelblich-ockerig-rostige, teils kalkige Zwickelfüllungen, häufig spätige Umkristallisation.

Jedoch sind diese Sorten hier nicht mehr streng an eine immer wiederkehrende Bankfolge gebunden. Hochwertiger Stein wird daher allgemein als „Kern" (z.B. „Lindelbacher Kern") bezeichnet, der neben den der Goldbank oder der Rotbank ähnlichen Varietäten vorherrscht. Durch ungünstig ausgebildete Trennflächen oder minderwertige Struktur und Festigkeit gekennzeichnete Lagen werden als „Schale", „Zugbank" oder einfach als „Nachbruch" bezeichnet.

Da die Gesteinsvarietäten einem teils raschen Wechsel unterworfen sind, der sich bereits im selben Steinbruch bemerkbar machen kann, ist ein planmäßiger Abbau der einzelnen Sorten nicht in dem Maße wie im Kirchheimer Revier möglich. Der Quaderkalk des Maingebietes wurde deshalb früher allgemein als „Unterfränkischer Muschelkalk" bezeichnet. Mit Beginn der modernen Anwendung des Steines bürgerten sich dann mehr und mehr die auf die Gewinnungsstelle hinweisenden Handelsnamen ein wie etwa „Randersackerer, Frickenhäuser, Eibelstädter, Winterhäuser Muschelkalk". Auf eine besondere Varietät des Quaderkalkes bei Eibelstadt (ähnlich auch bei Frickenhausen) ist hinzuweisen: Ältere Bruchstücke von feinem Schillkalk werden von gröberer, jüngerer, teils rötlich gesprenkelter Schillmatrix umgeben. Beide Komponenten heben sich deutlich voneinander ab.

Der Quaderkalk im Hangenden des Ostracodentons wird in der Gegend nordwestlich Winterhausen zwischen Sommerhausen und Lindelbach („Lindelbacher Zugbank") etwa 1,5 m mächtig und ist technisch verwertbar. Ebenso sind im Gebiet beiderseits des Mains zwischen Marktbreit und Frickenhausen im Niveau des Ostracodentons Quaderkalke über 2 m mächtig entwickelt und erreichen sehr gute Werksteinqualität („Marktbreiter Muschelkalk").

Der bisher vor allem westlich Winterhausen nachgewiesene Untere Hauptquaderhorizont (Mächtigkeit bis maximal 3 m), ein feiner, poröser Schillkalk vom Typ „Schaumkalk" leitet bereits zu dem zentralen nördlichen Kalkbereich des Raumes Goßmannsdorf über. Im Gebiet zwischen Marktbreit und Frickenhausen sind Quaderkalke dieses Horizontes bisher in einer Mächtigkeit bis zu 3,30 m nachgewiesen.

Das Gebiet zwischen Maintal und Rothenburg ob d.T.: Die Nebentäler von Main und besonders der Tauber schneiden in ihren Oberläufen noch die oberen Lagen des Hauptmuschelkalkes an. Sie legen damit lediglich die Quaderkalke im Hangenden des Ostrakodentons, also nur geringmächtige Bänke von etwa 1–1,5 m Mächtigkeit frei. Tiefere Quaderkalklagen, etwa Äquivalente der Hauptquaderhorizonte treten im östlichen Kalk-Tonbereich

zwischen Main und Tauber nicht zu Tage. Ob und in welcher Ausbildung, sie unterhalb der Talsohlen, d.h. aus steinbruchtechnischer Sicht in ungünstiger Position, vorhanden sind, muß hier offenbleiben.

Die Quaderkalke dieses Gebietes zeigen sehr unterschiedliche Ausbildung. Teils ähneln sie den bisher beschriebenen mittelkörnig-feinporig bis dichten Sorten, wobei im Gebiet des Thierbaches und der Gollach (Raum Eichelsee-Uffenheim) kristalline Ausbildung stärker zurücktritt. Weiter im Süden, im Gebiet zwischen Langensteinach und Rothenburg herrschen wieder markante „Kristallkalke" vor, teils treten auch Grobschillkalke mit großporig-narbigen Hohlräumen oder Hohlraumfüllungen auf.

Im Gebiet um Tauberscheckenbach-Steinsfeld erfolgt bereits der Übergang zum südlichen Zentralbereich der Quaderkalke (s. Nr. 513), da sich unter den eben genannten Werksteinbänken nach Südwesten zunehmend schlecht gebankte Schillkalke minderer Qualität einstellen.

Der zentrale Kalkbereich der Quaderkalkausbildung wird im Norden durch das Maintal zwischen Ochsenfurt und Winterhausen sowie seine beiderseits mündenden Nebentälchen angeschnitten.

In diesem Bereich finden sich Quaderkalke in einer Profilhöhe bis zu 16 m unter der Keuperbasis, teils in ziemlich geschlossener Folge die Normalfazies des Muschelkalkes verdrängend, teils durch deren Zwischenlagen unterbrochen. Auch die geschlossenen Bankfolgen dieses Gebietes spalten häufig an latent ausgebildeten Schichtfugen, teils in unregelmäßiger Weise auf (der Stein ist „zerrissen"), so daß quadrige Dickbänke bereichsweise zurücktreten. Solche finden sich beiderseits des Maintales bevorzugt in tieferen Lagen (unterhalb des Gelben Kippers), während nach oben die Bänke nur selten quaderartig absondern. Nach Süden, etwa im Raum Acholzhausen erfolgt eine zunehmende Aufspaltung der zentralen Quaderkalke und damit eine Überleitung zu deren südlichen Bereich.

Die Bankfolgen dieser Fazies weichen in Ausbildung und Qualität voneinander ab. Vorherrschend ist ein aus sehr feinem Schalenzerreibsel bestehender, aus der Entfernung daher texturlos einfarbig wirkender Stein mit feinkristalliner, feinporiger Struktur (Typ Schaumkalk). Gröber strukturierte bzw. auffallend kristalline Varianten, ähnlich dem bei Acholzhausen gebrochenen „Muschelmarmor" sind die Ausnahme. Übergänge zu schillreicher Normalfazies treten auf.

Chemisch-technische Eigenschaften: Die Quaderkalke besitzen trotz der verschiedenen Varianten verhältnismäßig einheitliche chemische Zusammensetzung. Es handelt sind in der Regel um ziemlich reine Kalke mit 92–98% $CaCO_3$-Gehalt. Der Rest verteilt sich auf Tonminerale, gelegentlich etwas Dolomit und Akzessorien, z.B. Eisenverbindungen.

Die Druckfestigkeiten der Kernsteine und diesen ähnlicher Sorten betragen in der Regel 65–95 N/mm^2. Auffallend höherer Werte besitzen mit 110–190 N/mm^2 die Sorten Blau- und Goldbank. Ebenso verhalten sich die Biegezugfestigkeiten: 9–12 N/mm^2 bei Kern u.ä., als Richtwert für Blaubank diene 16 N/mm^2.

Die Rohdichte liegt bei normalporigem Kern zwischen 2,4–2,55 g/cm^3 bei Blau- und Goldbank im Schnitt bei 2,73 g/cm^3, entsprechend einer Wasseraufnahme von durchschnittlich 3 Vol% bzw. ca. 1% (z.B. 0,8%).

Die Quaderkalke sind frostbeständig. Dies lehren am besten Bausteine, die Jahrhunderte nahezu schadlos überdauert haben. Eine Ausnahme bildet die zumindest im Bodenbereich außen nicht verwendete Gold- bzw. Blaubank, die bisweilen zum Ausmuscheln neigt.

Alle Sorten lassen sich gut verschleifen und polieren. Allerdings ist die Politur im Außenbereich nicht haltbar.

Gewinnung und Verwendung: Seit Jahrhunderten und noch vor wenigen Jahrzehnten dienten Quaderkalke als Massivbausteine sowohl für den privaten Wohnhausbau, vor allem aber für repräsentative Großbauten. Die Massivbauweise brachte es mit sich, daß die Festigkeit und Ausbildung der Kalksteine den Anforderungen nahezu im gesamten Quaderkalkbereich genügte. Hauptabbaugebiet war aber – bedingt durch die Transportmöglichkeit zu Schiff – das Maingebiet, während die Vorkommen der Gäufläche bzw. des Taubergebietes mehr dem örtlichen Bedarf an Bausteinen dienten. Erst mit dem Bau der Bahnlinie wurde der Abbau im Kirchheimer Raum zu Beginn dieses Jahrhunderts in großem Umfang eingeleitet.

Beispiele für Quaderkalkbauwerke finden sich in sehr vielen Städten Deutschlands, vor allem in Berlin und München z.B. als Brücken (Münchener Isarbrücken), Kirchen, Bank- und Versicherungsgebäude, Bahnhöfe und andere repräsentative Bauten.

Bereits in den 20er Jahren ging man auch zur Produktion von gesägten Platten über. Nach einem vorübergehenden Aufleben der Massivbauten in der Zeit vor und während des Krieges, setzte sich nach dem Zweiten Weltkrieg mit der modernen Bautechnik die Herstellung von hochwertigen Naturwerksteinprodukten plattiger Abmessung durch. Aufgrund der gewandelten Anforderung an den Quaderkalkstein, dessen Einsatz sich vom Baustein zum Werkstein verlagerte, kam es so zu einer unterschiedlichen Bewertung der Kalksteinvorkommen und damit zu der heutigen Differenzierung der Gewinnungsgebiete.

Hauptabbaugebiet auf Werksteine ist heute der Kirchheimer Raum zwischen Gaubüttelbrunn und Kleinrinderfeld, der auch ins Badische hinüberreicht. Im Maintal hielten sich nur wenige Steinbrüche so vor allem bei Winterhausen und Eibelstadt. Beide Reviere bieten mehrere typische Sorten mit ansprechendem Aussehen (s.o.). Die Steine kommen gesägt bzw. geschliffen und poliert in verschiedenen Abmessungen für den Innen- und Außenbereich in den Handel: Den Hauptanteil stellen Fassadenverkleidungen (außen) sowie Wand- und Bodenplatten (innen). Gold- und Blaubank werden dabei vornehmlich im Innenbereich verwendet. Daneben werden Werksteine etwa für Treppenstufen, Einfassungen von Türen und Fenstern und andere Bauteile, als Verblendung oder massiv gefertigt. Bossierte Steine dienen dem Bau von Außenmauern.

Die Vorkommen aller übrigen Quaderkalkreviere des Main- und Taubergebietes werden heute nicht mehr genutzt. Lediglich bei Kleinochsenfurt werden

feinkörnige und deshalb einfarbig homogen erscheinende Kalksteine (des „Kalkbereiches") gebrochen und zu massiven Bruchsteinen verschiedener Größe zugehauen. Sie dienen hauptsächlich dem Bau von Mauern.

Die seit alters bestehende Beliebtheit des Quaderkalkes als Rohstein für Steinmetz- und Bildhauerarbeiten besteht auch heute. Der Stein verbindet in idealer Weise hinreichende Härte – ohne Sprödigkeit – mit der Eigenschaft, sich gut bearbeiten zu lassen. Zahlreiche Ornamente und figürliche Arbeiten verschiedener Stilrichtungen zeugen von der Tradition des Quaderkalkes im Kunsthandwerk.

V o r k o m m e n: Quaderkalkvorkommen können zwar letztlich erst in aufgeschlossenem Zustand auf ihre Verwendbarkeit nach heutigem Maßstab beurteilt werden. Jedoch sind auf der Karte die wahrscheinlichen Quaderkalkausstriche – unter Berücksichtigung von Abraumhöhen bis zu etwa 15 m – dargestellt. Während in manchen Teilen des Kirchberger Gebietes bereits eine Materialverknappung eintritt, sind insgesamt noch Vorräte für schätzungsweise einige Jahrzehnte vorhanden, besonders wenn man höhere Abraummächtigkeiten in Kauf nimmt. Auch in manchen Bereichen des Maingebietes, das von modernen Großabbauen noch in weiten Teilen unberührt ist, kann mit ansehnlichen Vorräten gerechnet werden, wobei die Steine hier allerdings in ihrer Ausbildung nach Sorten einem stärkeren Wechsel unterliegen.

Stand 2000

Quaderkalkfazies des Oberen Muschelkalkes (südl. Zentralbereich) (513)

(HERMANN WEINIG)

Die Gesteine des südlichen Zentralbereiches des fränkisch-badischen Quaderkalkgebietes unterscheiden sich in Schichtaufbau und Ausbildung und damit in ihrer technischen Verwendbarkeit in erheblichem Maße von den Quaderkalken des „Kalk-Tonbereiches", aber auch von denen des „Kalk-Bereiches" (s. Nr. 512) der Maingegend. Wenn auch der südliche Zentralbereich der Quaderkalke eine gesonderte Darstellung erfordert, so ist doch festzuhalten, daß naturgemäß fließende Übergänge vor allem zum unmittelbar östlich anschließenden Kalk-Ton-Bereich bestehen. Dagegen ist die Abtrennung von den nördlichen bayerischen Quaderkalkgebieten durch zwischenliegende Räume mächtiger Überdeckung mit Unterem Keuper gegeben.

Die Quaderkalke des südlichen Zentral- bzw. Kalk-Bereiches sind in Franken in zwei Gebieten aufgeschlossen, in denen die Platte des Oberen Muschelkalkes vom Tal der Tauber und ihren Nebenbächen angeschnitten ist:

Im Süden ist dies der Bereich um Rothenburg-Bettenfeld, im Noden das Tauber-Gollach-Gebiet im Raum Röttingen-Aub. Beide Gebiete sind räumlich und geologisch über badisches Gebiet nördlich der Tauber miteinander verbunden.

Die Quaderkalke des Oberen Muschelkalkes setzen fast unmittelbar unter der Grenze zum Unteren Keuper ein und reichen bei Rothenburg bis zu 10 m tief in den Muschelkalk hinein. Bei Aub dürften die Mächtigkeiten bereits zu denen des Ochsenfurter Gebietes (ca. 16 m) überleiten. Der Quaderkalk wird von der Normalfazies des Muschelkalkes sowohl in manchen Lagen ersetzt und von ihr

unterlagert. Manche größeren Steinbrüche erschließen und nutzen beide Faziesbereiche. Insgesamt ergibt sich eine Mächtigkeit des an den Hängen ausstreichenden Hauptmuschelkalkes bis zu 70 m.

Gesteinsausbildung und Eigenschaften: Die Quaderkalke dieses Gebietes sind zwar ebenso wie die der „Werkstein-Reviere" aus Schalenschill aufgebaut. Sie besitzen jedoch, da sie sich nahe der Wurzelzone der Schillschüttungen befinden, nicht den über größere Bankmächtigkeiten anhaltenden guten Sortierungsgrad der Werksteinbänke, ebenso mangelt es ihnen häufig an ausreichender zwickelfüllender Kalkmatrix, deren feinspätige Umkristallisation nur wenig hervortritt oder fehlt. Dies führt zu eher porösem bis lückigem Stein, häufig lagig wechselnder Korn- bzw. Teilchengröße: Das Material ist „schaumig". Als „Schaumkalk" (nicht zu verwechseln mit den harten Schaumkalkbänken des Unteren Muschelkalkes, vgl. Nr. 510) wurde daher diese Ausbildung des Quaderkalkes von den Steinbrechern den Typen des „Muschelkalkes" des Kalk-Ton-Bereiches gegenübergestellt.

Es bestehen in diesem Faziesbereich alle Übergänge von Gesteinen mit fast unzerbrochenen Schalen über verschieden groben Bruchschill bis zu feinstem Zerreibsel meist in dünnlagiger Aufeinanderfolge. Die Zwickelfüllung ist meist unvollständig und besteht oft aus eisenoxidhaltigem, erdigem Material, das dann dem gesamten Stein eine rötlich-rostige Tönung verleiht. In manchen Lagen treten aber auch porenfreie Gesteine auf, die der Ausbildung kristalliner Kalke vergleichbar sind, wie z.B. das Gestein von Buch, das hier eine besondere Stellung einnimmt. Neben diesen Varianten finden sich – meist zwischengeschaltet – auch Übergänge zu dichten Gesteinen, die eher der Normalfazies des Muschelkalkes entsprechen.

Der rasche vertikale Wechsel in der Gesteinsausbildung verhinderte trotz des fast völligen Fehlens mergelig-toniger Zwischenlagen die Ausbildung von geschlossenen Dickbänken: Das Gestein verliert seinen Quadercharakter. Es treten eher mittel- bis dünnbankige Lagen auf, bzw. solche, die an latenten Schichtflächen aufspalten.

Unter dem von Gesteinen des Quaderkalktyps geprägten Schichtstoß folgen Schichten der Normalausbildung des Oberen Muschelkalkes, der hier durch einen Wechsel von harten, plattig-bankigen, meist dunklen Kalken und reichlich Mergelzwischenlagen geprägt ist.

Die „blauen" (buchenen) und „eichenen" Kalke der Normalfazies (vgl. Nr. 511) sind wesentlich härter, als die „roten" Kalke des Quaderkalktypes, die hier im allgemeinen die Druckfestigkeiten der Werksteinbänke des Kalk-Ton-Bereiches nicht erreichen. Ihre Wetterbeständigkeit bezeugen allerdings unversehrt erhaltene, jahrhunderte alte Bauten. Die aufbereiteten Gesteine des Quaderkalkprofils erreichen jedoch, teils im Verein mit denen der unterlagernden Normalfazies die im güteüberwachten Straßenbau geforderten Werte der Schlagzertrümmerung.

Gewinnung und Verwendung: Die Quaderkalke dieses Gebietes wurden in früherer Zeit in mehr als 50 größeren und kleineren Steinbrüchen gewonnen und als Massivstein, etwa als „Rothenburger Baukalkstein", kurz „Rothenburger", verbaut. Viele Gebäude der Umgebung zeugen davon. Bestes

Beispiel ist Alt-Rothenburg, dessen Wehranlagen aus diesem Stein bestehen. Aber auch in entfernten Städten (z.B. in Berlin, Hamburg, Danzig, sehr häufig aber in München) wurde der Baustein verwendet. Mit dem Ausklingen der massiven Bauweise wurden fast alle Brüche aufgelassen. Eine Werksteingewinnung im modernen Sinn entwickelte sich im Raum Rothenburg-Aub vor allem wegen des Zurücktretens großquadriger Ausbildung des Steines nicht. Die Verwendung zu ornamentaler Kunst und Bildhauerarbeiten (z.B. Quaderkalk von Buch) stellte die Ausnahme dar.

Heute wird der Quaderkalk dieses Gebietes teils zusammen mit den Schichten der Normalfazies bei Rothenburg, südlich Steinsfeld und östlich Aub durch Sprengung gewonnen, hauptsächlich zu Straßenbaustoffen verarbeitet, daneben auch als Betonzuschlag z.B. auch für die Herstellung von Betonbauwaren verwendet. Die Verarbeitung dickbankiger, beim Sprengen unversehrt bleibender Partien, zu gesägten Naturwerksteinen erfolgt nur gelegentlich.

Die Vorkommen der südlichen Quaderkalke besitzen zusammen mit den Liegendschichten der Normalfazies des Oberen Muschelkalkes eine gewisse Bedeutung als Rohstoff für die Hartsteinindustrie. Die Bereiche um Rothenburg und Aub schließen dabei östlich an die Verbreitung der kalkigen Normalfazies des Oberen Muschelkalkes an, dessen Abbau im Badischen größere Bedeutung zukommt.

Stand 2000

Schichtgesteine des Jura, teils dolomitisiert

(Hermann Weinig)

Kalksteine des Lias (520)

Den dunklen Mergelschiefern des Lias Epsilon, die wegen ihres Bitumengehaltes bisweilen als Energierohstoff in Betracht gezogen werden, sind vor allem dort, wo die Abfolge nur geringmächtig, d.h. nur wenige Meter stark ausgebildet ist, mehrere Kalkbänke weniger Zentimeter bis Dezimeter Mächtigkeit zwischengeschaltet. Vor allem eine dieser Bänke erreichte als Naturwerkstein eine gewisse Bekanntheit, weshalb dieser Stein aus historischer Sicht kurze Erwähnung finden soll.

Es handelt sich um eine dunkle, bituminöse Kalkbank („Stinkkalk") die durch reichliche Einschlüsse von Ammoniten der Gattung Dactylioceras gekennzeichnet ist. Die Fossileinschlüsse können sogar den Hauptbestandteil der Bank ausmachen. Die häufig in den Innenwindungen von hellem bis weißem Kalzit erfüllten Fossilien heben sich im Anschliff lebhaft von der schwarzbraunen Grundmasse ab und verleihen so dem Stein ein besonderes Merkmal.

Die Dactylioceras-Bank (früher: Communis-Bank) wurde in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts bei Altdorf gebrochen und als „Altdorfer Marmor" („Belemniten- oder Ammonitenmarmor", „Muschelmarmor"), nach dem Initiator dieser bescheidenen Industrie auch als „Bauderscher Marmor" zu dekorativen

Zwecken wie Tischplatten, Grabplatten, Gedenktafeln, Taufsteinen u.ä., wie auch zu Gebrauchsgegenständen verarbeitet. Auch bei Mistelgau erfolgte ein Abbau dieser Bank.

Der Abbau auf diese nur bereichsweise in oben genannter Form ausgebildete Bank dauerte nur einige Jahrzehnte. Obwohl es sich um einen attraktiven, leicht zu gewinnenden Stein handelt, dürfte ein Abbau dieser nur bis zu 0,5 m mächtigen Bank, da nicht in größerem Stil möglich, heute nicht mehr in Frage kommen. Angemerkt sei an dieser Stelle, daß die durch Verwitterung herauspräparierten Ammonitenplatten aus der Gegend östlich Forchheim im Fossilienhandel einen festen Platz einnehmen.

Mergel und Mergelkalke des Malm Alpha (521)

Die am Hangfuß des Albtraufes ausstreichenden untersten Schichten des Weißen Jura werden zum überwiegenden Teil aus Mergeln und Mergelkalken aufgebaut, während Kalke stark zurücktreten. In der Südlichen Frankenalb, etwa zwischen Anlautertal und Ries liegt bis 13 m mächtige reine Mergelfazies als Ausläufer der im außerbayerischen schwäbischen Bereich bis zu 70 m mächtigen „Impressamergel" vor. Im Bereich der gesamten übrigen Frankenalb ist die Schichtfazies des Malm Alpha dagegen als Wechselfolge von Mergeln, Kalkmergeln und bankig ausgebildeten Mergelkalken ausgebildet, wobei die unten vorherrschenden Mergelanteile nach oben langsam abnehmen und weitgehend von Mergelkalken ersetzt werden. Diese, insgesamt als „Untere graue Mergelkalke" bezeichnete Schichtfolge ist im Süden über den Impressamergeln mit ca. 25 m am mächtigsten ausgebildet und nimmt nach Norden wie folgt an Mächtigkeit ab: Berching 20 m, Altdorf-Happurg 15 m, Gräfenberg 12 m, Pegnitz-Mistelgau 8–10 m. Im Gebiet der Nördlichen Frankenalb (nördlich des Wiesenttales) tritt dagegen wieder mächtigere mergelreiche Fazies auf, die allerdings, bedingt durch benachbarte Riffgebiete, Mächtigkeitsschwankungen von 14–30 m unterliegt.

Die Folge der Mergel und Mergelkalke des Malm Alpha enthält keine geschlossenen Bankfolgen widerstandsfähiger Hartgesteine. Nur gelegentlich schalten sich nach oben härtere Bänke ein. Die Mergelkalke sind durch die großen Steinbrüche der Schotterbetriebe zwar mehrfach, jedoch meist nur in ihren oberen Teilen erschlossen. Da die weichen, zu Rißbildung neigenden Mergelkalke nur unzureichende Druckfestigkeiten erbringen und die Werte der Schlagzertrümmerung drücken, werden sie den darüber anstehenden härteren Bankkalken des Malm Alpha bis Gamma dosiert, d.h. nur in dem Maße zugesetzt, als sich aus dem gemischten Haufwerk noch ausreichende Materialqualitäten (Schlagzertrümmerungswerte) erzielen lassen. Nach diesem Kriterium richtet sich die Tiefe der Steinbruchsohlen. Als eigentliche Rohstoffbasis für die Gewinnung von Straßenbaumaterial sind die „Unteren grauen Mergelkalke" des Malm Alpha daher nicht anzusehen.

Dagegen stellen die Mergel- und Mergelkalke ein natürliches Gemisch zur Zementherstellung dar, das der im allgemeinen erforderlichen Zusammensetzung eines Zementrohstoffes mit einem $CaCO_3$-Gehalt zwischen 75 und 79 Gew%

weitgehend entgegenkommt. Die Serie der Mergel und Mergelkalke des Malm Alpha enthält im allgemeinen zwischen 70% (unten) und 90% (oben) $CaCO_3$. Ihr Tonanteil liefert einen Teile der notwendigen Silizium- und Aluminium-Gehalte.

Durch bedarfsweise Entnahmen aus den im Liegenden stratigraphisch und räumlich unmittelbar anschließenden Tonen, Kalkbänken und Sandsteinen des Dogger oder auch durch Verwendung von Deck- oder Schlottenlehmen läßt sich die Zusammensetzung des Zementsrohstoffes aus derselben Gewinnungsstelle unschwer ergänzen, bzw. die Verwendung höherprozentiger Bankkalke des obersten Malm Alpha und des Malm Beta kompensieren.

Die Unteren grauen Mergelkalke stellen zusammen mit den hangenden helleren Bankkalken des Malm Beta und den oberen Doggerschichten bei Sengenthal (südlich Neumarkt) und im Höhenbachtal bei Hartmannshof die Rohstoffbasis der dortigen Zementwerke dar. Sie treten als Massenrohstoff nahezu in der gesamten Umrandung der Frankenalb auf, weshalb ihre flächenhafte Kennzeichnung auf der Karte nicht zweckmäßig ist.

Bankkalke des Malm Alpha, Beta und Gamma (bes. Werkkalke) (522)

Aufbau, Ausbildung und Eigenschaften: Über den mergelreichen Schichten des Malm Alpha folgt ein aus bankigen Kalken, Mergelkalken und Mergeln bestehender Schichtstoß. In dieser bis zu den Dickbänken des Treuchtlinger Marmors hinaufreichenden bzw. nach oben oder seitlich von massiger Fazies abgelösten Abfolge, die in der Mittleren Frankenalb bis etwa 60 m mächtig werden kann, herrschen harte, bankige Kalke vor, die zu allen Zeiten große Bedeutung als Baustoff hatten und auch heute vielfach gewonnen werden.

Profilaufbau und Eigenschaften des vor allem am Westrand der mittleren Frankenalb in technisch nutzbarer Bankkalkfazies vorliegenden Schichtstoßes sind folgende:

Aus den Unteren grauen Mergelkalken erfolgt unter Zurücktreten der Mergelzwischenlagen wie auch des Tonanteils in den Bänken selbst ein meist rascher Übergang in die geschlossene Kalksteinbankfolge des Werkkalkes, der noch im Malm Alpha einsetzt, überwiegend jedoch dem Malm Beta angehört. Die Kalksteine des Werkkalkes sind in der Regel helle, cremefarbene bis nahezu weißliche Kalke, die sich durch verhältnismäßig hohe Härten, vermutlich auch hohe Druckfestigkeiten auszeichnen, sehr dicht erscheinen und scharfkantig, muschelig glatt brechen. Die $CaCO_3$-Gehalte nehmen mit der Helligkeit des Gesteins nach oben zu und erreichen mit über 97% Werte, die sich den hochprozentigen Massenkalken der südlichen Frankenalb nähern.

Die Bankstärken betragen meist zwischen 10 und 50 cm, wobei Mergelzwischenlagen ganz ausfallen oder nur in cm-Stärke auftreten, anteilmäßig im Schichtstoß also fast ohne Bedeutung sind. Im Bereich der Mittleren Frankenalb erreicht der Werkkalk Mächtigkeiten zwischen gut 20 m und bis zu 30 m, im Durchschnitt aber 25 m. In der westlichen Südalb sowie in der Frankenalb nördlich des Wiesenttales besitzt die Werkkalkfazies dagegen nur Mächtigkeit zwischen 14 und 18 m.

Über dem Werkkalk folgt überall eine 3–5 m mächtige, aus Mergeln und bankigen mergeligen Kalken aufgebaute Schichtfolge (Platynotazone, Malm Gamma 1), die technisch wertlosen Stein enthält und damit dem Abraum zufällt. Die Zone bietet sich häufig für das Anlegen einer zweiten Steinbruchsohle an.

Die darüber liegenden Kalke des Malm Gamma 2 stellen im Bereich der Mittleren Frankalb und im Osten der Südalb einen wiederum nahezu geschlossenen, d.h. von Mergelzwischenlagen weitgehend freien, aus Bankkalken aufgebauten Schichtstoß dar, der auch „Obere graue Mergelkalke" (Ataxioceratenschichten) genannt wird. Diese Bezeichnung darf nicht dazu verleiten, diese Kalke als minderwertiges Hartgestein anzusehen. Die hellgrauen bis cremefarbenen, etwas rauher brechenden Kalksteine enthalten zwar einen geringfügig höheren, den Grauton des Gesteins verursachenden Mergelanteil, jedoch sind Härte und Druckfestigkeit den Werten des Werkkalkes im allgemeinen gleichzustellen, bisweilen wird ihre technische Qualität infolge besserer Wetterbeständigkeit sogar höher eingeschätzt.

Die Bankstärken bewegen sich zwischen 15 und weit über 50 cm. Die Bankkalke des Malm Gamma 2 erreichen in der Mittleren Frankenalb Mächtigkeiten von über 20 m im Süden (Raum Deining), abnehmend auf 12 m im Norden bei Gräfenberg. Im Süden der Frankenalb, zwischen Berching und dem Ries, sind die Kalke dagegen mergeliger ausgebildet, bei Mächtigkeiten von durchschnittlich etwas unter 20 m. Nördlich der Wiesent sind die Kalke nur noch als Bankgruppen in vorherrschender Mergelserie vertreten.

Nach einer weiteren Unterbrechung der Bankkalke durch eine 2–3 m mächtige, technisch wertlose Wechselfolge von Mergeln und bankig-plattigen Kalkmergeln (Crussoliensismergel) folgen wieder dickere, 40 cm bis 1 m starke Bankkalke in geschlossener Folge. Das Material dieser 4–7 m mächtigen Bankfolge des Malm Gamma 3 (Uhlandischichten) stellt helle, harte, teils splittrig muschelig, teils rauher brechende, verhältnismäßig reine Kalksteine dar, die die Güteeigenschaften der liegenden Bankfolgen erreichen dürften. Bankstärken und Gesteinshabitus nähern sich bereichsweise bereits der Ausbildung der Dickbankkalke vom Typ „Treuchtlinger Marmor". Allerdings sind diese Kalke, da „glasig" brechend, nicht als Werksteine brauchbar (z.B. auch nicht verschleifbar).

Über die Festigkeiten der verschiedenen Bankkalkfolgen liegen keine vergleichenden Untersuchungen vor. Aus den Werkkalken wurden Druckfestigkeiten von 168–220 N/mm^2 ermittelt. Die für den gesamten Schichtenstoß laufend durch die Güteüberwachung ermittelten Werte der Schlagzertrümmerung, auf die durch kontrollierte Beschickung der Brechanlage Einfluß zu nehmen ist, genügen jedenfalls den heutigen Qualitätsanforderungen des Straßenbaus.

Gewinnung und Verwendung: Die harten Bankfolgen des Malm Beta und Gamma wurden seit alters her vor allem als Baustein gebrochen, daneben auch zum Kalkbrennen verwendet. Dafür zeugen zahlreiche, meist kleine bis mittelgroße Gewinnungsstellen entlang des Albtraufes, von denen im allgemeinen nur die in den letzten Jahrzehnten betriebenen noch als ehemalige Steinbrüche kenntlich sind. So sind viele Ortschaften der Frankenalb mit ihren älteren Häusern, Mauern und Kirchen durch die weißlich-grauen Steine der Bankkalke des unteren und mittleren Malm geprägt.

Die Beliebtheit dieser Kalksteine zu Bauzwecken hatte ihre Ursache neben der für damalige Maßstäbe gegebenen technischen Eignung, nämlich hinreichende Härte und Wetterbeständigkeit (der Stein friert erst nach völliger Wassersättigung im Laufe der Zeit auf, was nach seinem Einbau in die Mauer im allgemeinen nicht mehr möglich ist). Vor allem aber begünstigte der Ausstrich der Schichten am Steilhang der Juratafel die Anlage von Steinbrüchen, wobei die bankige Schichtung der Kalksteine sowohl das Brechen erleichterte, wie auch der Abmessung der zu behauenden Werksteine entgegenkam. Viele der Steinbrüche wurden auch im Zuge des aufkommenden Straßenbaus durch die Gewinnung von Straßenbaumaterial, das als „Packlage" eingebaut wurde, betrieben. Heute liegen fast alle dieser ehemals in die hunderte gehenden Abbaustellen still. Nur gelegentlich, so etwa bei Laaber, werden dagegen in überkommener Weise Steine für Gartenmauern u.ä. sowie Wasserbausteine noch von Hand gehauen.

Aus der Tradition des früheren Abbaus wurden jedoch etliche Gewinnungsstellen weitergeführt oder wiedereröffnet, die heute unter gewandelten Anwendungsmöglichkeiten der Kalksteine teils als große ausgedehnte Steinbrüche vorliegen. Die Bankkalke des Malm Alpha bis Gamma, die in etwa 30 Steinbrüchen abgebaut werden, dienen heute vor allem als Rohmaterial für den Straßenbau, als Betonzuschlag, zur Herstellung von Branntkalkprodukten und Kalksteinmehlen.

Der mengenmäßig weit überwiegende Anteil der Kalke wird gebrochen, klassiert und dann als Brechsand, Splitt und Schotter den verschiedensten Anwendungsbereichen im modernen Straßenbau zugeführt. Neben den Korngemischen für Tragschichten und bituminösen Deckschichten eignet sich das gebrochene Gut vor allem auch zum Einbau als ungebundene Tragschicht („Mineralbeton"). Hierbei fördern die sonst unerwünschten Mergel- bzw. tonigen Anteile die notwendige Verdichtung und damit die Festigkeit der Tragschicht.

Durch weitere Aufbereitung, etwa zu Edelsplitten, finden die Kalksteine auch als Zuschlagstoff für Beton Verwendung und bieten damit Ersatz für die in den quartären Flußsedimenten Nordbayerns stark zurücktretende gröbere Körnung. Teils treten sie auch zum Rundkorn der quartären Kiese, etwa des Donautales, in Konkurrenz. Die bei Wiesenhofen neben den Delta-Dickbänken abgebauten Kalke werden z.B. als Zuschlagstoffe für Betonwaren- und Bauteile verschiedener Art verwendet.

Ein weiteres Einsatzgebiet der Bankkalke besteht in ihrer Verwendung als grober oder auch feingemahlener Zuschlagstoff für bituminöse Baustoffe.

Bei Lauterhofen, Hartmannshof und Gräfenberg werden die Bankkalke teils in selektiver Weise abgebaut und in Kalkwerken zu verschiedenen Produkten als gebrannter oder kohlensaurer Kalk verarbeitet. Bei Hartmannshof, Sengenthal und Burglengenfeld dienen die Kalksteine teils zusammen mit den Schichten des Malm Alpha als Zementrohstoff.

Die am Hangfuß und in den Talbuchten nahezu der gesamten Mittleren und Südlichen, untergeordnet dagegen in der Nördlichen Frankenalb auftretenden Bankkalke des Malm Alpha bis Gamma wurden als Straßenbaurohstoff im Lauf der Jahre teils durch die härteren Dolomite abgelöst. Trotzdem ist mit ihrer Verwendung auf diesem Sektor weiterhin zu rechnen, wenngleich die Neuanlage

von Steinbrüchen für den Straßenbau in dieser Schichtfolge kaum mehr in Betracht kommt. Die Bedeutung des Materials als Betonzuschlagstoff dürfte dagegen eher zunehmen, ebenso dürfte ihre Bedeutung als Rohstoffbasis für hochprozentige Kalke weiterhin Interesse finden.

Insgesamt sind die Bankkalke des Mittleren und Unteren Malm jedoch als weitverbreitete Massenrohstoffe anzusehen. Sie wurden daher auf der Karte nicht flächig dargestellt.

Stand 2000

Dickbankkalke des Malm Delta („Juramarmor") (523)

Die Dickbänke des Malm Delta sind wegen der Einmaligkeit dieses Steines die Grundlage einer traditionsreichen Werksteinindustrie, die weltweite Bekanntheit erlangt hat. Die seit jeher in der Praxis gebräuchliche Bezeichnung „Treuchtlinger Marmor" ist als stratigraphischer und fazieller Begriff in die Geologie übernommen worden. Da der wegen seiner Härte ehemals auch „Eichenstein" genannte Kalkstein jedoch nicht nur in der Treuchtlinger Gegend vorkommt und abgebaut wird, bürgerte sich als Handelsname mehr und mehr die neutrale Sammelbezeichnung „Juramarmor" ein.

Die Ausbildung der Bankkalke des Typs Treuchtlinger Marmor ist, von Riffkomplexen seitlich begrenzt, fast ganz auf die Südliche Frankenalb beschränkt. Dem ausgedehnten, jedoch vielfach untergliederten Hauptverbreitungsgebiet zwischen dem Ries im Westen und Erkertshofen im Osten, steht das ebenfalls große durch die Täler von Altmühl, Sulz und Weiße Laaber unterteilte Gebiet um Beilngries – Dietfurt gegenüber. Die übrige flächenhafte Verbreitung, etwa der Ausstrich von Malm Delta im Altmühltal oder inselartige Vorkommen der übrigen Frankenalb fallen demgegenüber nicht ins Gewicht.

Die in der Fazies des Treuchtlinger Marmors ausgebildeten Kalke des tieferen Malm Delta stellen eine Dickbankfolge dar, deren typische Ausbildung in allen Verbreitungsgebieten sehr ähnlich ist, wie auch die Abfolge der Schichten über eine Entfernung von mehr als 100 km auch über Unterbrechungen hinweg in vergleichbarer Weise erhalten bleibt (s.u.).

Es handelt sich dabei um eine partikelreiche „Schwammrasenfazies": Mehr oder weniger dicht den Boden des Flachmeeres besiedelnde tellerartige Einzelschwämme wurden zusammen mit zahlreichen anderen organischen und anorganischen Partikeln in kalkiges Sediment eingeschlossen, das sich in Form von Dickbänken schichtete.

Die Dickbänke lassen sich gegen die liegenden dünnerbankigen, meist splitternden, weitgehend schwamm- und partikelfreien Kalke des Malm Gamma gut abgrenzen, da sie in der Regel unvermittelt in typischer Fazies mit der sog. Basis-Bank einsetzen. Die Dichtbankfazies bildet in ihren Hauptverbreitungsgebieten eine bis über 40 m mächtige Folge und wird dann von rasch einsetzender, meist dolomitisierter Massenfazies abgelöst, teils liegen die oberen Dickbänke selbst dolomitisiert vor. Im oberen Drittel der 40 m – Bankfolge kann die deutliche Bankung zurücktreten. Dunkle, der Massenfazies ähnliche Partien werden auch als „Wilder Fels" bezeichnet. Stellenweise treten zwar Dickbänke bis zu 70 m über der

Basis des Malm Delta auf, jedoch sind bisher an keiner Stelle durchgehende Dickbankfolgen dieser Mächtigkeit zutage tretend nachgewiesen worden.

Es handelt sich um 0,40 bis etwa 1,50 m im Durchschnitt etwa 1 m mächtige Kalkbänke, die durch mergelbelegte Fugen, selten durch dünne Mergelzwischenlagen getrennt sind. Manche Bänke sind kompakt, manche spalten an latenten Unterfugen, die teils erst in angewittertem Zustand hervortreten, auf.

Die in der Regel bis zu 40 m mächtige Bankfolge des Treuchtlinger Marmors wurde durch STREIM (1961) und SCHMIDT-KALER (1962) über weite Gebiete hinweg parallelisiert, von unten nach oben mit Nummern (1 – ca. 40) versehen, wobei z.T. typische, seit alters von den Steinbrechern mit Namen belegte Bänke, als Leitbänke der Schichtfolge herausgestellt wurden.

Die wichtigsten dieser Leitbänke seien im folgenden kurz aufgeführt:

Die „Hauptschwammbank' (Nr. 1), ist gekennzeichnet durch auffallend viele Schwammeinschlüsse in Lebendstellung. Sie bildet die Basis des Treuchlinger Marmors (deshalb auch: Basisbank).

Die „Geblümte Bank" (Nr. 11) zeichnet sich aus durch eine Abfolge lagenartig angeordneter Schwammrasen mehrerer Zentimeter Stärke. Sie stellt eine besonders charakteristische, wegen ihrer lebhaften Lagenstruktur („Travertin") besonders begehrte Werksteinbank dar.

Die „Untere Mergelplatte" (Nr. 19) und die Obere Mergelplatte" (Nr. 25) stellen Dickbänke dar, die von jeweils zwei 10 bis 20 cm mächtigen Mergeln bzw. Mergelkalken begleitet werden und so in der Bruchwand als orientierende Leitbänke auffallen.

Neben anderen, weniger auffallenden Leitbänken, werden die Bänke – von Bruch zu Bruch in abgewandelter Form – mit typischen, oft die Ausbildung charakterisierenden Namen wie z.B. „gebänderte Lage", „Travertin", „Glaser" (s.u.) „blaue Platte" u.a. Bezeichnungen belegt oder nach ihrer Bankstärke etwa als 120 cm Bank, Meterlage, 90er Lage usw. bezeichnet, eine praktisch-technische Einteilung, die für den betreffenden Bruch strenge Gültigkeit besitzt.

Gesteinsausbildung und Eigenschaften: Der Treuchtlinger Marmor ist als nichtmetamorphes Sedimentgestein kein kristalliner Marmor im petrographischen Sinne, sondern ein verhältnismäßig reiner, feinporiger bis dichter und deshalb polierbarer Kalk, also ein Marmor im technischen Sinne. Ursache der Beliebtheit als Werkstein ist neben seinen guten technischen Eigenschaften und der Bankstärke vor allem die Art des Gesteinsaufbaus selbst: Meist zahlreiche Fossileinschlüsse in farblich eher einheitlicher, hellerer Grundmasse ergeben ein zwar lebhaftes, infolge harmonischer Farbabstimmung aber dezentes Schliffbild.

Dieses Bild prägen vor allem locker verteilte, verschieden geformte, meist teller- bis trichterartige Kieselschwämme, die vollständig oder bruchstück- und partikelartig vorliegen. Ihre bis etwa 20 cm langen Querschnitte (unwissenschaftlich gelegentlich als „Würmer" bezeichnet) enthalten fein verteilten Pyrit, der besonders in oxidierter Form die Schwammstruktur durch kräftige Brauntöne hervortreten läßt. Rasenartige Algenkrusten sowie rundliche bis eckige, teils

algenumkrustete Partikel meist biogener Zerfallsprodukte (Tuberoide) verschiedener Größe verursachen etwas zurücktretende Farbabstufungen. Kennzeichnend für den Treuchtlinger Marmor sind auch weißliche, nur wenige Millimeter lange Anschnitte von Einzellern („Flämmchen"), die den Kalk zahlreich durchsetzen und eine dezente Sprenkelung hervorrufen. Gelegentliche Einschlüsse von Ammoniten und honigbraunen Belemniten vervollständigen die charakteristischen Merkmale des Gesteinsanschliffes.

Die angeführten Gesteinsmerkmale können jeweils in recht unterschiedlicher Anordnung und Häufung auftreten, weshalb der immer auf Anhieb zu erkennende Grundtyp des Juramarmors zahlreichen Abwandlungen unterliegt, die jeweils noch mit verschiedenen Farbvarianten zu kombinieren sind. So treten zwischen nahezu einschlußfreien, fast unstrukturierten, unifarbenen Gesteinen lebhaft schattierte, gesprenkelte oder fleckige, aber auch lagig gezeichnete („geblümte") Varianten auf, die zu verschiedenen Handelssorten führen.

Die Farbvarietäten des Juramarmors lassen sich auf unterschiedliche Gehalte an feinverteiltem Eisensulfid bzw. dessen oxidischer Umwandlung in Brauneisen zurückführen. Kalke, deren Eisengehalte in reduzierter, sulfidischer Form vorliegen, werden als „graublau", „grau" oder „hellgrau" bezeichnet. Oxidisches Eisen bewirkt dagegen hellere oder kräftiger ausgeprägte „gelbe", bräunliche bis rostbraune Farbtöne. Die farbliche Umwandlung hat von oben her entweder ganze Bankfolgen, bisweilen auch nur den äußeren Bereich der Gesteinsquader erfaßt, während die Kerne noch in dunklen Reduktionsfarben vorliegen. Dabei können entweder verhältnismäßig scharfe Farbfronten, häufig aber auch wolkiges Nebeneinander von Grau- und Brauntönen auftreten. Solche gemischtfarbigen Kalke („Schecken") sind von der Werksteinindustrie wegen ihres unruhigen Farbcharakters meist weniger geschätzt. Bevorzugt werden dagegen kräftige Farbtöne beider Farbgruppen, besonders aber der oxidierten Bereiche. Während gelbe Farben vorwiegend in den oberen Bankfolgen der Steinbrüche auftreten und allgemein vorherrschen, sind graue Varianten in der Regel nahe der Bruchsohle zu finden.

Vor allem folgende Farbvarianten gelangen als Sorten des Juramarmors in den Handel:

Oxidische Ausbildung:
Gelb, Goldgelb, Rotbraun, Rahm-weiß (ehemals Deutsch-gelb)

Reduzierte Ausbildung:
Grau, Hellgrau, Graublau, Taubengrau (ehemals Deutsch-blau)

Gemischtfarbene Ausbildung:
Graugelb, Graugelbbunt, Gemischtfarbig

In Kombination mit der Färbung stehen teils die Bezeichnungen gebändert (auch „Travertin") und geblümt.

Qualitätsmindernde Eigenschaften des Gesteins treten vor allem durch die Ausbildung folgender Gesteinsmerkmale auf:

Dolomitisierung: Gegen das Hangende der Dickbankfolge sowie seitlich in der Nähe dolomitisierter Riffazies treten dolomitisierte Partien auf, die die Kalkbänke teilweise durchsetzen. Da Dolomit z.T. zu aschig-sandiger Abgrusung neigt, sind dolomitisierte bzw. teildolomitisierte Bänke bzw. Rohblöcke („Baster") technisch minderwertig oder wertlos.

Hornsteine (bis faustgroße, nierig-kugelige Einschaltungen, bestehend aus SiO_2) treten ebenfalls häufig in Riffnähe auf. Die Einschlüsse stören das Bild des Gesteins und erschweren die Verarbeitung. Hornsteinhaltige Bänke werden bislang nicht abgebaut.

Konkretionen von Pyrit oder Brauneisen treten sporadisch auf. Sie bilden im Anschnitt abfärbende und verlaufende Rostflecken.

Drucksuturen („Froschmäuler"), teils von Tonhäutchen begleitet, können das Gestein durchsetzen bzw. unregelmäßig aufspalten lassen.

Glasbänke oder „Glaser" sind strukturlose, splittrig brechende Kalke, die zwar vornehmlich im Liegenden der Basisbank auftreten. Jedoch zeigen auch manche Bänke der Werksteinabfolge selbst bereichsweise ganz oder teilweise „glasige" Eigenschaften.

Bänke oder Rohblöcke, die eines der angeführten Merkmale aufweisen, gelangen nicht zum Abbau bzw. zur Verarbeitung. Keine Minderung der technischen Eigenschaften besitzen jedoch Bänke, die von sog. „Glasadern", feinen durch Kalzit verheilten Sprüngen bzw. Trennflächen durchzogen sind. Kein Stein bricht an diesen Linien.

Die chemisch-mineralogische Zusammensetzung des Treuchtlinger Marmors weist ihn mit $CaCO_3$-Gehalten bis zu 98% als ziemlich reinen, wenn auch im Durchschnitt nicht als hochprozentigen Kalk aus. Der Rest sind tonige Bestandteile und wenig Magnesium. Auf die farbverursachende akzessorische Durchstäubung durch sulfidisches oder oxidisches Eisen wurde bereits hingewiesen.

Juramarmor besitzt mittlere Druckfestigkeiten zwischen 130 und 175 N/mm^2 und Biegezugfestigkeiten von 15–27 N/mm^2. Im allgemeinen treten keine großen Schwankungsbreiten auf. Die Rohdichte beträgt 2,5–2,6 g/cm^3, die Wasseraufnahme bewegt sich zwischen 2,2 und ca. 5,0 Volumen%. Der Stein kann nicht grundsätzlich als frostsicher bezeichnet werden.

Das Material läßt sich ausgezeichnet verschleifen und polieren, was ihm aus technischer Sicht die Bezeichnung Marmor eintrug.

Die Schlagzertrümmerungswerte der Malm Delta Dickbänke für Schotter und Splitt liegen deutlich über den Werten der Bankfolgen des Unteren Malm und genügen vollauf den im Straßenbau geforderten Bedingungen.

Gewinnung und Verwendung: Treuchtlinger- oder Juramarmor wird erst seit dem 1. Weltkrieg in größerem Umfang als Werkstein verwendet.

Das ältere oder das Stammgebiet der Marmorgewinnung ist der Raum Treuchtlingen, Weißenburg, Rehlingen-Pappenheim, in dem neben aufgelassenen Brüchen heute noch zahlreiche Gewinnungsstellen bestehen.

Erst einige Jahrzehnte später entstand im Raum Petersbuch – Erkertshofen – Kaldorf ein weiteres Hauptabbaugebiet, in dem viele Steinbrüche nebeneinander liegen. In beiden Räumen werden derzeit insgesamt etwa 30 Steinbrüche betrieben. Ein kleineres Abbaugebiet besteht am Lohrmannshof. Das einzige, teilweise als Werkstein verwertete Dickbankvorkommen der Nördlichen Frankenalb befindet sich bei Gräfenberg. Dort werden einzelne Rohblöcke aus dem sonst der Branntkalk- und Schotterherstellung dienenden Bankfolge des Malm Beta bis Delta als Werkstein verwertet.

Die Gewinnung von Juramarmor wird vor allem im Hinblick auf Werksteine betrieben, erst in zweiter Hinsicht erfolgt die Herstellung von Straßenbaumaterial in Form von Schotter, Splitt, und Brechsand, so bei Bissingen, Wemding, Dietfurt, Erkersthofen, Eichstätt, Pfraundorf. Bei Wiesenhofen dient er zusammen mit den unterlagernden Bankkalken zur Herstellung von Zuschlag für Beton-Bauteile.

Zum Teil werden beide Verwendungsarten miteinander kombiniert: Da bei der Werksteingewinnung durch stichiges, aufspaltendes oder auf andere Weise technisch minderwertiges Material (s.o.) nur ca. 20% des Gebirges technisch verwertbar sind, wird ein Großteil des sonst die Abraumhalde bildenden Materials dem Straßenbau zugeführt.

Als Naturwerkstein findet der Juramarmor vielfältige Anwendung vor allem im nicht dem Frost ausgesetzten Innenbereich. Zu Platten gesägt und poliert liegt seine Hauptverwendung in der Herstellung von Wandverkleidungen, Bodenplatten, Fensterbänken, Türumrahmungen, Belägen von Treppenstufen, freitragenden Treppen, Ofenverkleidungen, Fliesen. Die oben aufgeführten Gesteinssorten werden dabei je nach Bedarf senkrecht oder parallel zum Lager geschnitten, wobei die Zeichnung geblümter, gebänderter Sorten durch das Sägen senkrecht zur Schichtung am besten zur Wirkung kommt.

Im Außenbereich wird der Stein bevorzugt als Bossenstein für Mauern, massiv oder als Verblender, für Mauerabdeckplatten oder als Plattenbruch für Gartenwege verwendet. Ehemals war Treuchtlinger Marmor als Isolier- und Schalttafelmaterial in der Elektrotechnik gebräuchlich. Künstlerischen Arbeiten kommt auch heute noch Bedeutung zu. Neben verschiedenen Kunstgegenständen des täglichen Gebrauchs (z.B. Vasen) findet Juramarmor früher wie heute als Bildhauermaterial Verwendung.

Stand 2000

Kalke des Malm Epsilon (524)

Die Zeit des Malm Epsilon zeichnet sich noch durch umfangreiche Verbreitung der Massenfazies aus, die die Bildung schichtiger Jurakalke stark zurückdrängte. In eingeengten, von Riffarealen vielfach unterbrochenen Sedimentationsräumen bildeten sich daher Gesteine sehr unterschiedlicher Ausbildung wie undeutlich gebankte, gut gebankte oder plattige Kalksteine. Die Mächtigkeiten liegen in der Regel unter 20 m.

Unter diesen Kalksteinen befinden sich häufig helle bis weiße Kalksteine, die ähnlich wie die umgebenden Riffe des Malm Epsilon als sehr reine, hochprozentige

Kalke anzusehen sind. Repräsentative Analysen können dabei nicht vorliegen, da ein einheitlicher Typus der Epsilon-Schichtkalke nicht gegeben ist.

Die Verbreitung von Epsilon-Schichtkalken ist vor allem an die Südalb gebunden, wo sie z.B. teils die tieferen Schichten der östlichen Plattenkalkwannen bilden. Aber auch in der Mittleren und Nördlichen Frankenalb kommen z.B. reine, helle, feinstkörnige, bankige Kalke an mehreren Stellen vor. Ein Vorkommen dieser Art wird nördlich von Wattendorf abgebaut und als gebrochener Stückkalk den Zuckerfabriken von Zeil und Ochsenfurt zur Herstellung von Branntkalk laufend zugefahren. In der Südalb erfaßt die Abbauwand des Steinbruches bei Painten 20 m Epsilon-Schichtkalke (hier allerdings mit bituminösen Zwischenlagen), die im dortigen Kalkwerk verarbeitet werden.

Eine Darstellung der Vorkommen hochprozentiger Epsilon-Schichtkalke auf der Karte ist wegen ihrer recht geringen Verbreitung sowie ungenügender Detailkenntnis über Ausbildung und Mächtigkeiten nicht möglich.

Bronner Plattendolomit (525)

Unter dem Begriff „Bronner Plattendolomit" werden dolomitische bis dolomitisierte Gesteine der Schichtfazies des Malm Epsilon zusammengefaßt, die im Gebiet der Nördlichen Frankenalb zwischen Bronn und Wildenfels verbreitet sind. Sie nehmen aufgrund ihrer faziellen Ausbildung, chemischen Zusammensetzung sowie ihrer begrenzten Verbreitung eine Sonderstellung ein.

Die Plattendolomite stellen Wannensedimente dar, die über Riffdolomiten des Malm Delta liegen und seitlich von solchen des Malm Epsilon eingerahmt werden bzw. sich mit diesen verzahnen. Soweit die teils von Ablehmen bedeckten Plattendolomite nicht an der Oberfläche anstehen, werden sie von bis knapp 10 m mächtigen, nicht dolomitisierten Plattenkalken überlagert. Meist jedoch sind die Plattenkalke sowie ein Teil der Plattendolomite bereits von der Erosion beseitigt. Die Plattendolomite liegen daher nur an wenigen Stellen in ursprünglicher, meist dagegen in reduzierter Mächtigkeit vor. Die Mächtigkeiten schwanken je nach dem Relief ihrer Basis und der Geländeoberfläche von 0 bis schätzungsweise 20 m, wobei die Aufschlußhöhen früherer Gewinnungsstellen, die sich zwischen 5 und 10 m bewegen, den vorherrschenden Verhältnissen nahekommen dürften.

Gesteinsausbildung und Eigenschaften: Die hellgrauen bis beigefarbenen, bisweilen auch leicht blaustichigen Plattendolomite sind von feinkörniger bis dichter Struktur und besitzen leicht rauhen Bruch. Die Schichtmächtigkeiten bewegen sich zwischen wenigen Zentimetern und über 0,5 m, im Durchschnitt um ca. 25 cm. Das Schichtpaket ist also nur zum geringen Teil plattig, vorherrschend jedoch dünnbankig bis bankig ausgebildet. Die in der Regel durch Hauptschichtfugen getrennten Platten und Bänke folgen ohne Mergelzwischenlagen aufeinander.

EXLER (1955) hat den Bronner Plattendolomit chemisch und mineralogisch analysiert. Danach handelt es sich um nahezu reinen Dolomit, wobei sich im stöchiometrischen Verhältnis zwischen den einzelnen Schichten praktisch keine

Abweichungen ergeben. Aus 21 Proben aus verschiedenen Aufschlüssen und Schichten ergibt sich ein Mittelwert von 55,77% $CaCO_3$ und 42,91% $MgCO_3$ bei Schwankungen von $CaCO_3$ zwischen 54,98% und 57,28% und von $MgCO_3$ zwischen 42,19% und 43,62%. Die nichtkarbonatischen Anteile liegen im Mittel bei 0,7%, die Höchstwerte übersteigen nur selten 1%. Diese Zusammensetzung entspricht nahezu reinem Dolomit, was auch mineralogisch belegt ist. Aufgrund seiner homogenen Zusammensetzung nimmt dieses Dolomitgestein unter den Dolomiten des fränkischen Jura eine Sonderstellung ein. Der Übergang zur bereichsweise vorhandenen hangenden kalkigen Ausbildung vollzieht sich rasch.

Gewinnung und Verwendung: Bronner Plattendolomit wird etwa seit den Jahren 1880/90 abgebaut. Während früher bis zu sechs Firmen Steinbrüche betrieben, ist die Gewinnung heute auf einen einzigen, zwischen Bronn und Weidensees gelegenen Steinbruch beschränkt, aus dem je nach Bedarf etwa 800–900 t Rohgestein im Jahr entnommen werden.

Infolge des relativ geringen Bedarfs besaßen die Steinbrüche Abbauhöhen von nur wenigen Metern und hatten nur geringen Umgriff.

Die Dolomite wurden stückig gebrochen, gebrannt und fein gemahlen. Sie finden zumeist in Form von Pasten als Poliermittel von Metallen und Metallegierungen Verwendung, das neben siliziumhaltigen Produkten als relativ weiches und damit feines Mittel eingesetzt wird. Vor allem in der stahlverarbeitenden Industrie wird dieses als „Wiener Putzkalk" bekannte Produkt, etwa zum Feinpolieren von Kugellagern, benötigt. Der Name des Poliermittels ist auf ein ursprünglich nur bei Wien hergestelltes Produkt zurückzuführen. Der technische Wert des oberfränkischen Branntdolomites liegt in seiner konstanten Zusammensetzung, vor allem aber in seiner Reinheit. So dürfen im Verkaufsprodukt, um ein Zerkratzen der Metalle zu vermeiden, nur 0,15% feines SiO_2 enthalten sein. „Wiener Putzkalk" aus Oberfranken wird neben seiner Verwendung im Inland auch in mehrere Länder Europas, z.B. nach Schweden, exportiert.

Vorkommen: Das auf der Karte gekennzeichnete Hauptverbreitungsgebiet ist in mehrere Teilvorkommen gegliedert. Diese als vielbuchtige Wannen vorliegenden Vorkommen stehen mehr oder weniger miteinander in Verbindung oder liegen separat vor. Das große zusammenhängende Gebiet des Plattendolomites im Raum Bronn-Weidensees-Hüll ist im Westen deutlich gegen Massendolomite abgegrenzt, während die östliche Begrenzung unter jüngeren Decksedimenten (v.a. Kreide) verborgen liegt. Ein größeres, stark zerlapptes Gebiet liegt zwischen Hetzendorf und Wildenfels, kleinere Areale von Plattendolomit finden sich im Bereich der Görzelshöhe (südlichstes Vorkommen), rund um Eckenreuth, östlich Betzenstein sowie nördlich Wannberg (nördlichstes Vorkommen).

Plattenkalke der Wannen zwischen Monheim und Pfalzpaint (526)

Plattenkalke, im Handel bekannt unter den Bezeichnungen „Solnhofener Platten", „Solnhofener" oder „Eichstätter Schiefer", „Solnhofener Lithographieschiefer", früher zusammen mit den Vorkommen bei Kelheim bzw. nach dem

dortigen Ausfuhrhafen auch „Kelheimer Platten", treten in der jüngsten Abteilung des Weißen Jura, dem Malm Zeta der Südlichen Frankenalb auf. Dort wird die Gewinnung von Plattenkalken seit Jahrhunderten betrieben, wobei die Kalke als Lithographiesteine weltweite Bekanntheit erlangten.

Die Bildung der plattigen Schichtgesteine des Weißjura Zeta ist an sogenannte Wannen gebunden, die als riffumgürtete Sedimentationsbecken aufzufassen sind. In diesen wenig tiefen, vom offenen Meer weitgehend abgeschirmten Becken konnte in nur wenig bewegtem Wasser die Ablagerung streng geschichteter Kalke und mergeliger Kalke erfolgen. Allerdings kamen technisch verwertbare Kalke nur in bestimmten Bereichen dieser Wannen zur Ausbildung, da nahe den Rändern und an den Wannenböden störende Einflüsse der Riffe das Sediment prägen, so etwa durch Kieselplattenkalke, Braunkalklagen und riffschuttführende Schichten. Von störenden Einflüssen freie Schichtpakete bildeten sich dagegen in riff-ferneren Teilen größerer Wannen. Deshalb entstanden technisch verwertbare Schichtkalke vor allem im Malm Zeta 2, einer Zeit ausgedehnter Wannenbereiche und zurücktretender Riffzüge. Alle heute in verschiedenen Wannenbereichen in Abbau stehenden Plattenkalke des Weißjura Zeta gehören dieser auch als Solnhofener Schichten benannten Abfolge an, wobei die Ausbildung von ungestörten Plattenkalken teilweise auch in den Malm Zeta 3, die Mörnsheimer Schichten, hinaufreicht.

Die Abfolge der technisch nutzbaren Plattenkalke und ihre Verbreitung geht aus folgendem Schema hervor:

		Nutzung (bzw. ehem. Nutzung) im Faziesraum
Zeta 3	Mörnsheimer Schichten	(Pfalzpaint) (Eichstätt)
Zeta 2 b	Hangende Krumme Lage Obere Solnhofener Schiefer	Solnhofen Eichstätt Pfalzpaint
Zeta 2 a	Trennende Krumme Lage Untere Solnhofener Schiefer	Eichstätt

Die Plattenkalkfazies des Malm Zeta setzt sich zusammen aus einer unregelmäßigen Wechselfolge von harten, hochprozentigen, teils in sich aufspaltenden Kalken, den technisch brauchbaren „Flinzen" und wesentlich weicheren, feinschiefrig bis blättrig aufspaltenden Mergelkalken, den unbrauchbaren „Fäulen". Zwischen Flinzen und Fäulen können Übergänge auftreten, z.B. „Zähe Fäulen", d.s. schiefrige, ziemlich feste, jedoch unbrauchbare Mergelkalke. „Zähe Flinze" sind technisch minderwertige Kalke mit gröberem Korn und rauherer Bruchfläche.

Mehrere Schichten plattiger Kalke und Mergelkalke fügen sich zu Schichtpaketen zusammen, die etwa durch besonders auffallende Fäulen voneinander getrennt sind. Eines oder mehrere solcher Pakete bilden eine „Lage". Die Lagen führen z.T.

je nach Abbaurevieren bestimmte Bezeichnungen, die gleichsam eine im Zuge der Abbautradition entstandene, an technischer Verwertbarkeit orientierte Stratigraphie darstellen (s.u.).

Die wirtschaftliche Bedeutung der Plattenkalke liegt in der Gewinnung von technisch brauchbaren, d.h. ebenschichtigen, harten, hochprozentigen Flinzen bestimmter Mindeststärke. Alle diesen Anforderungen nicht genügenden Zwischenlagen, neben den Fäulen auch „Blätterflinze" (Flinzpakete mit Einzelstärken unter 6 mm), „Wilde" oder „Krumme Lagen" (durch Gleitbewegung des unverfestigten Sediments hervorgerufene Biegestrukturen bzw. deutliche Biege- und Faltstrukturen mächtigerer Sedimentpakete) gelangen als nicht verwertbarer Abfall auf die Halde. Auch die Flinze selbst besitzen unterschiedliche Qualitätsmerkmale, die im Rahmen dieser Arbeit nicht darzustellen sind.

Das Gebiet der Plattenkalke zwischen Monheim und Pfalzpaint umfaßt mehrere Teilwannen, die durch Riffgebiete nur unvollständig voneinander getrennt sind. Diese Trennung reichte jedoch aus, um sehr unterschiedlich ausgebildete Plattenkalke entstehen zu lassen, die eine ebenso unterschiedliche wirtschaftlich-technische Verwendbarkeit der Flinze bedingen. Drei übergeordnete Faziesräume lassen sich in etwa abgrenzen, in denen vor allem die vorherrschende Dicke der Flinze ein charakteristisches Merkmal darstellt:

Der Faziesraum Solnhofen – Langenaltheim

Folgende zusammenfassende Darstellung stützt sich auf die ausführliche Arbeit von FESEFELDT (1962).

Der Schichtstoß der Unteren Schiefer ist noch stark durch die das Relief der umgebenden und auch den Ablagerungsraum selbst unterteilenden Riffkalke bestimmt. Es handelt sich um fäulenreiche Schichten, in denen die gut ausgebildeten Flinze zurücktreten. So treten z.B. häufig Blätterflinze, schuttführende oder unebenflächige Flinze auf. Die Trennende Krumme Lage nimmt oft den größeren Teil der insgesamt bis über 30 m mächtigen Abfolge ein.

Auf die Abfolge der Oberen Schiefer stützt sich die heutige Natursteinindustrie. Der Qualität ihrer Flinze verdanken die Solnhofener Plattenkalke ihre weltweite Bekanntheit.

Die Oberen Schiefer des Raumes Langenaltheim – Solnhofen – Mühlheim wurden als 10–60 m mächtige Wechselfolge von qualitätsmäßig sehr unterschiedlich ausgebildeten Flinzen und Fäulen abgelagert. Wenn auch störende Einflüsse von Riffbauten weitgehend zurücktreten, so ist der Sedimentationsraum doch noch durch das Relief der Unterlage wie auch aufragende Riffkomplexe in Teilgebiete (etwa die Langenaltheimer und die Solnhofener Wanne) gegliedert. Dies drückt sich in stark wechselnden Mächtigkeiten im Verein mit unterschiedlichem Aufbau der Schieferfolge aus.

Allgemein ist eine Zunahme der Mächtigkeiten von Osten nach Westen festzustellen, die mit einer Zunahme der Flinzstärken (z.B. unbrauchbare Blätterflinze werden zu Plattenkalken), aber auch mit dem Einsetzen neuer Flinze

einhergeht. Die Dicken der Einzelflinze schwanken im Profil zwischen wenigen Millimetern und 30 cm. Der Anteil von Blätterflinzen, Plattenkalken und bankigen Flinzen spiegelt sich in etwa in der Gesamtmächtigkeit der Abfolge wider. Mehrere Zentimeter dicke, plattige Flinze sind jedoch fast immer häufig vertreten und charakterisieren den Solnhofener Faziesraum. Ebenso ist die aus technischer Sicht positive Änderung der petrographischen Beschaffenheit der Flinze mit zunehmender Gesamtmächtigkeit häufig. Allerdings können bei manchen Flinzen und Lagen auch gegenläufige Tendenzen auftreten.

Die wechselnden Verhältnisse lassen sich nicht durch ein Standardprofil wiedergeben, das in jedem Steinbruch wiederzuerkennen wäre. So haben sich die Steinbrecher in jedem Steinbruch bzw. Steinbruchbezirk auf eine andere Profilabfolge einzustellen, innerhalb der meist nur örtlich gültige Schichtbezeichnungen bestehen.

Nur wenige Lagen oder Schichtpakete lassen sich, freilich in jeweils veränderter Ausbildung, über weitere Entfernungen hinweg parallelisieren und als Leitschichten bei der Plattengewinnung benutzen. Die wichtigsten dieser Leitschichten sind (von unten nach oben) die in Schwellenbereichen an der Basis der Oberen Schiefer auftretende „Grundfäule", die „Vier-Schuhfäule", die „Sieben-Lumpen-Schicht", die „Sechs Dicken" (im Solnhofener Bereich), und die „Sieben-Schuh-Fäule". Daneben bestehen mehreren, nur für engere Bezirke gültige Schichtbezeichnungen, wie auch Krumme und Wilde Lagen Leithorizonte bilden.

Die an qualitätsmäßig guten Flinzen reichen Plattenkalkfolgen finden sich im Norden und Osten dieses Faziesraumes, während nach Südwesten mit der Verringerung der Gesamtmächtigkeit eine Zunahme der Fäulen einhergeht. Viele Vorkommen der Plattenkalke, besonders solche, die unter jüngeren Deckschichten verborgen liegen, sind noch nicht erschlossen und somit in ihrer Ausbildung noch nicht bekannt, so etwa im Gebiet zwischen den heutigen Abbaurevieren oder südlich des Mörnsheimer Baches.

Die Hangende Krumme Lage wird bis zu 10 m mächtig und greift auf Kosten der Schiefer unterschiedlich tief in diese ein.

Die bis über 60 m mächtigen Mörnsheimer Schichten, die zwischen Apfelthal und Mühlheim die Solnhofener Schichten überdecken, sonst aber südlich des Mörnsheimer Tales verbreitet sind, bieten eine sehr bunt zusammengesetzte Wechselfolge, in denen aus heutiger Sicht brauchbare Flinze fast ganz zurücktreten. Es herrschen feinschichtige (1–7 mm), schuttbeeinflußte, teils verkieselte Flinze (Blätterflinze) vor. Reine Flinze, die bald über der Krummen Lage folgen, werden nur wenige Meter mächtig und sind ebenso feinschiefrig ausgebildet. Vor allem diese Schichten wurden früher als Dachschiefer abgebaut.

Der Eichstätter Faziesraum

Folgende zusammenfassende Darstellung stützt sich auf die ausführlichen Arbeiten von v. EDLINGER (1964 und 1966).

Die Unteren Schiefer besitzen die weiteste Verbreitung. Sie stehen von Schönau im Westen bis zum Altmühltal bei Walting im Osten und zwar

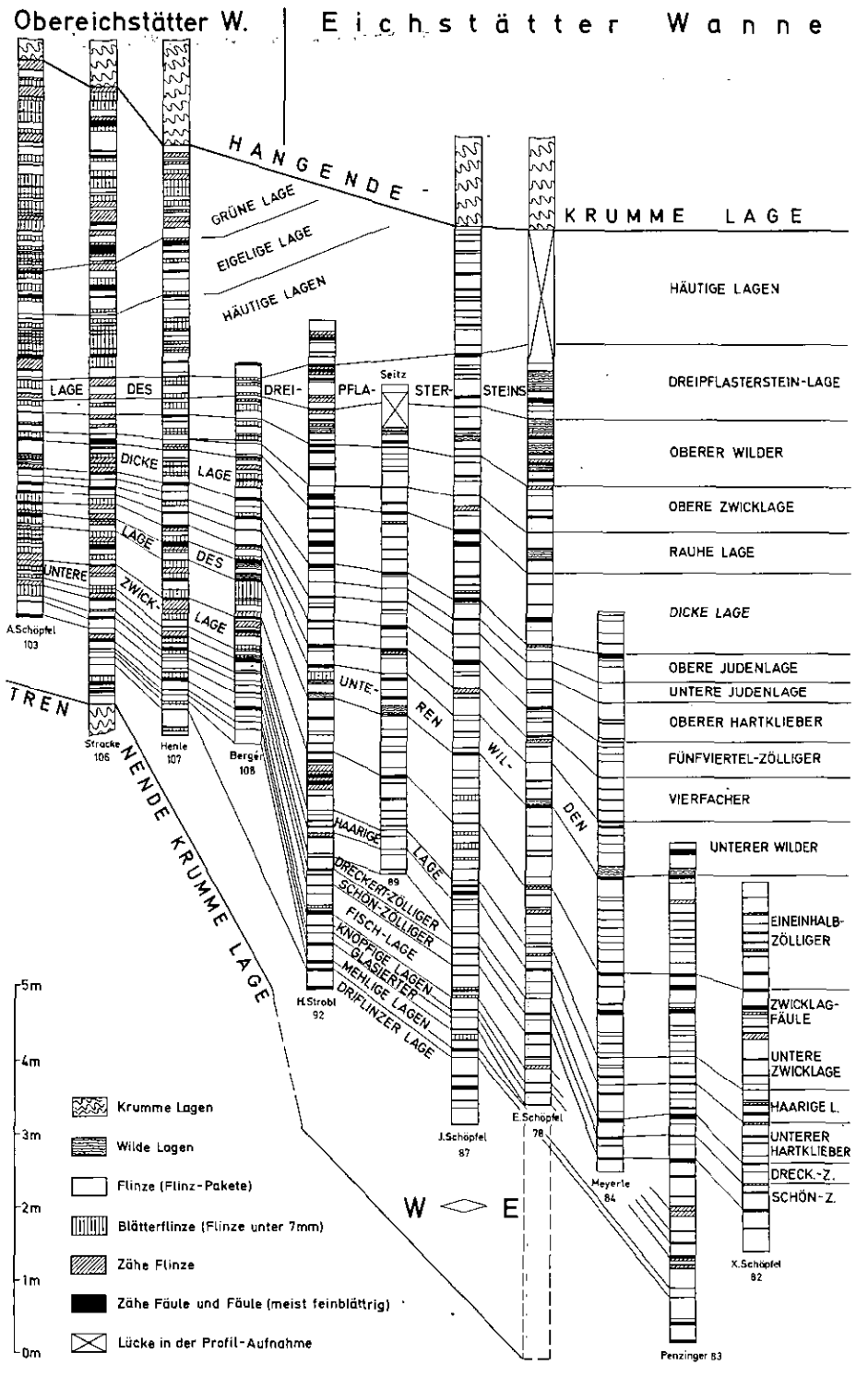


Abb. 1 Profilvergleich im Malm Zeta 2b durch die Eichstätter und Obereichstätter Wanne (aus v. Edlinger 1964 Abb. 22, leicht verändert durch Meyer & Schmidt-Kaler 1983.)

Erläuterungen zu Abbildung 1:

Hangende Krumme Lage (als Hangendes)
Grüne Lage: Zahlreiche Pakete bilden einen mächtigen Stapel, der jedoch im Bereich um Wintershof von der Hangenden Krummen Lage mit erfaßt ist. An der Basis liegt die eigentliche „Grüne Lage", die durch stärkere Flinze ausgezeichnet ist. Der Name geht auf (relativ seltene) grüne Fäulen-Bestege zurück.
Eigelige Lage: Eine gleichfalls mächtige Schieferfolge, deren Schichtflächen häufig mit knopfartig hervortretenden Saccocomenresten („Eigeln") bedeckt sind. Das typische Paket mit stärkeren Platten liegt nahe der Basis.
Häutige Lagen: Meist dünnere bis mittlere Flinze wechsellagern mit dünnen Fäulen und Bestegen („Häuten").
Lage vom Dreipflasterstein: 3 stärkere Flinze („Pflastersteine") – der dickste in der Mitte – liegen über 2 weiteren dicken Platten und bilden im Westen (etwa in der Profilmitte) den besten Leithorizont. Bei Wintershof steht er etwa 2 m unter der Hangenden Krummen Lage an.
Lage vom Oberen Wilden: Im Wintershofer Bezirk liegt der „Wilde" inmitten der Schiederfazies, wird weiter westlich zu einem dicken Flinz und ist schließlich in einem Stapel dünner Platten (Schernfeld/Schönau) kaum mehr aufzufinden.
Obere Zwicklage: Es sind vorwiegend gute Flinze, die zwischen Wintershof und Blumenberg ideale „Zwicksteine" liefern, d.h. aufgrund ihrer geringeren Stärken die Bearbeitung mit der Zwickzange gestatten.
Rauhe Lage: Charakteristisch sind rauhe Schieferflächen. Die Obergrenze wird von 2 übereinanderliegenden stärkeren Flinzen gebildet, die bei Wintershof als „Hacker" mit einem kleinen Spezialhammer bearbeitet werden müssen.
Dicke Lage: Der besonders mächtige Schichtenstoß ist namengebend. – Zusammen mit der nächsthöheren Lage bildet sie die *„Kreuzerstein-Lagen"*.
Judenlagen: Sie gliedern sich in eine obere und eine untere Abteilung und enthalten meist gute und auch stärkere Flinze. Die Herkunft des Namens ist nicht sicher belegt.
Lage vom Oberen Hartklieber: Der „Hartklieber" („klieben" = spalten) ist ein schwer teilbarer Doppelflinz inmitten von 1–2 Paketen.
Lage vom Fünfviertel-Zölligen: Der „Fünfviertelzöllige" ist eine stärkere Platte nahe der Basis. Das obere Paket enthält nochmals einen durch seine Stärke hervortretenden Flinz.
Lage vom Vierfachen: Typisch ist eine Viererfolge annähernd gleichstarker Platten.
Lage vom Unteren Wilden: Über einer stärkeren Fäule liegt ganz unten die namengebende Wilde Bank, die einen der besten Leithorizonte bildet. Darüber folgt im Wintershofer Gebiet ein zweiter, aber schwächerer Wilder, der allerdings bei Harthof nahezu die Stärke des unteren erreicht; er wird vielfach als „Kleiner Wilder" bezeichnet. Abgesehen von Sonderfällen gehen die Wilden Lagen bei allgemeiner Mächtigkeitsabnahme kontinuierlich in dicke und schließlich dünnere Flinze über.
Lage vom Eineinhalb-Zölligen: Eine Dreierfolge stärkerer Platten über 2 gleichfalls dickeren Flinzen ist charakteristisch.
Untere Zwicklage: Oben liegt die „Zwick-Fäule", eine mergelreiche Serie unbrauchbaren Gesteins. Darunter folgen zahlreiche gute Flinze, die wieder mit der Zange formatisiert („gezwickt") werden.
Haarige Lage: Sie besteht aus 2–3 Paketen; in der Mitte des oberen liegt ein stärkerer Flinz. Die besondere Oberflächenbeschaffenheit der Schieferplatten ist bezeichnend und namengebend.
Lage vom Unteren Hartklieber: Die Lage enthält wieder einen charakteristischen, schwer spaltbaren Doppelflinz, der wohl im Wintershofer, nicht aber im Blumenberger Bezirk zu trennen ist.
Lage vom Dreckert-Zölligen: Die Stärke eines an der Basis liegenden Flinzes beträgt in manchen Brüchen 1 Zoll. Da er von einer Fäule unterlagert wird, erscheint er bei feuchtem Wetter beschmutzt („dreckert" = dreckig).
Lage vom Schön-Zölligen: Der gleichfalls oft zollstarke Flinz liegt inmitten anderer Platten und bleibt damit „schön" sauber.
Fischlage: Nicht selten finden sich kleine Fischchen (meist Leptolepis) auf den Schichtflächen (z.B. Bruch Stracke Nr. 106).
Knopfige Lagen: Diese werden in 2 Abteilungen untergliedert. Häufig treten hier Saccocomenreste auf, die als „Knöpfe" (Name!) oder „Eigeln" die Schieferflächen bedecken.
Lage vom Glasierten: Der „Glasierte" ist ein stärkerer, „glasartig" spröder Flinz inmitten eines einzigen Paketes, das nur unbedeutende Mächtigkeitsschwankungen zeigt.
Mehlige Lagen: Die Flinze der beiden Unterabteilungen zeigen ein auffallend mehliges Korn.
Lage vom Driflinzer: Sie bildet überall die Basis der Oberen Schiefer. Eine charakteristische Dreierfolge von Flinzen ist namengebend. Stets bilden mehrere Pakete eine Einheit, deren tiefste Schieferfolgen meist leicht wellig verbogen sind.
Trennende Krumme Lage (als Liegendes).

beiderseits der Altmühl an. Durch Steinbrüche erschlossen sind die Schiefer aber nur nördlich des Altmühltales. Die bis etwa 15 m mächtigen, jedoch zu den Wannenrändern hin stark reduzierten Schiefer, bestehen vorwiegend aus Paketen von Blätterflinzen, untergeordnet zähen Flinzen und enthalten allgemein höhere Tonanteile, was den Unteren Schiefern in der Praxis die Bezeichnung „Merllagen" eintrug.

Vor allem der untere Profilteil weist stärkere Beeinflussung der Schichtfolge durch Grabgänge auf, die sich in leicht welligen Schichtfolgen ausdrücken. Wegen der dadurch unterdrückten Spaltbarkeit der Schieferpakete wurden diese Lagen früher als Bausteine verwendet. Erst in den obersten Lagen der Unteren Schiefer, den eigentlichen Merllagen der Steinbrucharbeiter, treten auch dickere, sehr feinkörnige, harte, von Grabgängen unbeeinflußte Flinze auf, die von gewisser technisch-wirtschaftlicher Bedeutung sind. Es sind dies etwa die „Bierbrauerlage" oder die weiter oben folgende „Plättellage".

Die Oberen Schiefer sind durch die Trennende Krumme Lage, einer wirtschaftlich unbedeutenden, da weitgehend gleitgefalteten Schieferserie von 0,5 bis teils weit über 10 m Mächtigkeit von den Unteren Schiefern getrennt. Die Oberen Schiefer stellen die eigentlichen Vorkommen an Plattenkalken dar, die die Grundlage der Natursteinindustrie bilden. Die durch zahlreiche Steinbrüche markierten Verbreitungsgebiete erstrecken sich vor allem auf den Raum Schernfeld-Birkhof-Blumenberg-Obereichstätt sowie östlich und westlich von Wintershof bis gegen Rupertsbuch-Workerszell. Südlich der Altmühl treten die Oberen Schiefer im Bereich des Talbogens zwischen Breitenfurt und Wasserzell auf.

Die Oberen Schiefer zeichnen sich auch im Eichstätter Faziesgebiet im Vergleich zu ihren Liegend-Schichten durch einen hohen Anteil an technisch hochwertigen Flinzen aus, deren Dicke hier – ein Charakteristikum des Eichstätter Faziesraumes – im Durchschnitt bei etwa 0,8 bis gut 1 cm liegt. Dabei nehmen die Flinzdicken ebenso wie die Mächtigkeiten der Einzellagen von Westen, wo Blätterflinze noch vorherrschen, gegen den durch Schieferfazies charakterisierten Osten zu. Östlich von Wintershof liegen bereits Flinzstärken vor, die zu den Plattenkalken von Pfalzpaint (s.u.) überleiten. Die werksteintechnische Qualität der Flinze bzw. der Anteil an verwertbarem Material nimmt also von Westen nach Osten kontinuierlich zu. Obgleich derartigen Änderungen unterworfen, lassen sich in der Regel alle am Profilaufbau beteiligten Lagen über das gesamte Verbreitungsgebiet hinweg gut verfolgen. Die Zusammenstellung von EDLINGER's (1964) bzw. leicht verändert von MEYER & SCHMIDT-KALER (1983) gibt eine aus langer Abbautradition entwickelte Stratigraphie der Oberen Schiefer wieder, aus der Ausbildung und technische Eignung des gesamten Schichtstoßes abzuleiten sind.

Von den bis zu 18 m im Durchschnitt 8–15 m mächtigen Oberen Schiefern sind in den Steinbrüchen bis zu 12 m erschlossen. Die gegen Westen erfolgende Mächtigkeitsabnahme wird dort durch das Hinzutreten weiterer Lagen im höheren Teil der Oberen Schiefer in etwa ausgeglichen. Im einzelnen sind Auftreten und Ausbildung der Lagen in den einzelnen Steinbrüchen bzw. Abbaurevieren den Arbeiten v. EDLINGER's (1964 und 1966) zu entnehmen.

Über den Oberen Schiefern folgt das technisch wertlose Schichtpaket der Hangenden Krummen Lage (Mächtigkeit je nach Erhaltung und Ausbildung 0 bis über 10 m), denen vor allem zwischen Harthof und Schernfeld noch Mörnsheimer Schichten aufliegen. Deren tiefere Lagen, die bis 10 m mächtige Grundschieferserie baut sich hier aus mehrfachen Wechsellagen von Krummen Lagen und Schiefern auf, die zwar untergeordnet gebrauchsfähige Flinze enthalten, jedoch für sich allein keinen Abbau lohnen. In der darüber folgenden Hornsteinplattenfazies bei Schernfeld sind gut ausgebildete Plattenkalke nicht mehr vorhanden.

Der Pfalzpainter Faziesraum

Die Plattenkalke des Pfalzpainter Faziesraumes sind südlich des Altmühltals zwischen Walting und Pfalzpaint verbreitet. Der bis zu 50 m mächtige Schichtkomplex wird nur innerhalb eines kleinen Gebietes südlich Pfalzpaint abgebaut. Gegen Süden tauchen die Schichten unter jüngere Malmsedimente. Die Pfalzpainter Ausbildung unterscheidet sich von den Faziestypen Solnhofen und Eichstätt durch wesentlich höhere Flinzstärken, die in den Oberen Schiefern etwa 10 cm ausmachen und somit auch als Bankkalke anzusprechen sind.

Die Unteren Schiefer zeigen einen Aufbau, der den „Merllagen" des Eichstätter Gebietes ähnlich ist, jedoch treten Rauhigkeit der Schichtflächen und Grabgänge zurück, während die Plattenstärken bei einer Gesamtmächtigkeit der Schichtfolge von etwa 15 m durchschnittlich 15 mm betragen.

Die Oberen Schiefer sind auch im Pfalzpainter Gebiet in der Regel durch gleitgefaltete Schichten (Trennende Krumme Lage) von den Unteren Schiefern getrennt. Bei aussetzender Gleitfaltung erfolgt dagegen ein unmittelbarer Übergang zu den Oberen Schiefern. Diese bestehen aus einer eintönigen Folge meist mehrere Zentimeter dicker Flinze (Schwankungsbreite 1–10 cm) und gelegentlichen, 20–25 cm dicken Bänken, bei stark zurücktretendem schiefrigem Material und dünnen Fäulen.

Die Mächtigkeit des immer wieder wellige („walzerte") Schichtoberflächen enthaltenden Schichtstoßes beträgt 15–20 m. Für eine Untergliederung der Oberen Schiefer nach typischen Lagen bestehen infolge der Eintönigkeit der Abfolge, vor allem aber wegen rascher horizontaler Änderung der Schichtfolge keine festen Anhaltspunkte.

Charakteristisch für die Pfalzpainter Flinze, die insgesamt nicht ganz die Härte des Solnhofer Materials erreichen, ist die rostfarbige Streifung und Fleckigkeit des sonst im allgemeinen hellolivgrauen Gesteins.

Über der einige Meter mächtigen, immer ausgebildeten Hangenden Krummen Lage folgen Mörnsheimer Schichten, die hier als hornsteinfreie Plattenkalke ausgebildet sind. Die deshalb im Pfalzpainter Faziesgebiet technisch nutzbaren Plattenkalke des Malm Zeta 3 gleichen faziell den Oberen Schiefern, wobei höhere Bankstärken etwas häufiger auftreten. Die Mächtigkeit der weitgehend vom Oberflächenrelief erfaßten Schichten steigt bis zu 20 m an.

Gesteinsausbildung und Eigenschaften: Neben dem bereits dargestellten Schichtaufbau der wichtigsten Faziesräume seien hier die allgemeinen Eigenschaften der Plattenkalke aufgeführt:

Die Flinze (Kernsteine) sind sehr feinkörnige (Korngröße unter 0,004 mm) Kalksteine, hauptsächlich bestehend aus gefälltem Kalzit und einem hohen Anteil an Einzellern (Kalkflagellaten). Sie bestehen zu 96–98% aus $CaCO_3$, wovon bei einem Gehalt von 0,5–2% $MgCO_3$ ein entsprechender Anteil auf Dolomit entfällt. Der Rest ist toniger Rückstand. Demgegenüber sind die Fäulen mergelige Kalke (etwa 80–90% $CaCO_3$).

Die technisch wertvollen Flinze besitzen zwar ebene, jedoch meist rauhe, nur selten glatte Schichtoberflächen. Sie brechen muschelig glatt.

Die Druckfestigkeiten liegen zwischen 180 und 260 N/mm^2, die Biegezugfestigkeiten bewegen sich zwischen 20 und 25 N/mm^2. Als Abriebfestigkeit werden Werte zwischen 15 und 17 $cm^3/50\ cm^2$ angegeben. Die Rohdichte beträgt durchschnittlich 2,55–2,65 g/cm^3, die Wasseraufnahme 3,1–3,25 Vol%.

Die hohe Härte, Dichte und die Feinkörnigkeit der Flinze, verbunden mit der Möglichkeit, Wasser und (oder) Fett aufzunehmen (und dann wasserabstoßend zu sein), bedingen ihre Eignung als Lithographiestein.

Plattenkalke widerstehen Frosteinwirkung nicht in allen Fällen. Bei der Anwendung im Freien sind besondere Hinweise der Verlegetechnik zu beachten.

Die Farbe der Plattenkalke ist ursprünglich grau bis graublau, in oxidiertem Zustand dagegen beigegrau, dunkel- bis hellbeige und gelblich-beige. Die Schichtflächen sind häufig durch bräunlich-rostigen Anflug, teils auch – ausgehend von senkrechten Trennflächen – durch schwarze oder rostfarbene, fein verästelte Ausfällungen von Mangan- bzw. Eisenoxiden (Dendriten) gezeichnet. In bruchrauhem Zustand überwiegen beigegelbliche Farbtöne, bei angeschliffenen Platten treten daneben häufig auch graublaue Reduktionsfarben hervor. Im Steinbruch freigelegte Plattenkalke grauer Tönung können unter dem Witterungseinfluß in wenigen Jahren gelbliche Oberflächen annehmen, während längerer Witterungseinfluß sehr helle, weißliche Farben verursacht. In Innenräumen stellt sich dagegen eine etwas dunklere, sattfarbene Patina ein. Graue Varietäten besitzen im allgemeinen etwas höhere Festigkeiten als gelbliches Material.

Gewinnung und Verwendung: Die Gewinnung von Plattenkalken besitzt lange Tradition. Der Stein wurde bereits in römischer Zeit als Baustein (z.B. Castelle von Pfünz, Weißenburg), aber auch für bildhauerische Arbeiten verwendet. Umfangreiche Verwendung der Plattenkalke ist seit dem späten Mittelalter belegt: Die Steine wurde besonders als Boden-, Wand- und Dachplatten im süddeutschen Raum verwendet, aber auch als Bodenplatten weithin exportiert. Besonders die Donau war eine wichtige Handelsstraße: So finden sich Plattenkalke z.B. als Bodenbelag der Hagia Sophia oder in zahlreichen Kirchen, Klöstern, Profanbauten und Häusern des österreichischen Donauraumes. Dort waren sie als „Solnhofer Pflaster" oder – nach dem Verschiffungshafen – als „Kelheimer Platten (Plattln)" bekannt.

Ein weiterer Anwendungsbereich früherer Jahrhunderte besteht in der Verarbeitung dickerer Flinze in der Bildhauerkunst. Vor allem Flachreliefs und Halbreliefs, Epitaphien, Medaillen, Inschriftentafeln und Kleinplastiken wurden von vielen Künstlern des süddeutschen Raumes gefertigt (Beispiel: Kaisergrab Heinrichs II. u. Kunigunde, Bamberger Dom). Die Blütezeit dieser Verwendungsart fällt in das späte Mittelalter.

Mit der Erfindung des Steindrucks erlangten die Solnhofener Plattenkalke als Lithographiesteine weltweite Bedeutung, da Flinze des Solnhofener Gebietes nach Ausbildung und Dicke ohne vergleichbare Konkurrenz waren. Die Blütezeit des Lithographiesteins, für den mindestens 4 cm starke Platten großer Härte (graue Varianten) benötigt wurden, hielt bis Anfang des 20. Jahrhunderts an. Der Lithographiestein wurde als Vervielfältigungstechnik durch moderne Druckverfahren abgelöst. Jedoch bedienten sich weiterhin Künstler der lithographischen Technik. Heute hat die Herstellung von Lithographiesteinen nur noch untergeordnete Bedeutung.

Ebenfalls von historischem Interesse ist die Verwendung von Plattenkalken als Material für die Dacheindeckung. Sie prägten einst als gebietsspezifisches Dachmaterial das Siedlungsbild dieses Raumes. Auch heute noch geben „schiefer"-gedeckte Dächer an zahlreichen Häusern der Landschaft um das Altmühltal von der ehemaligen Technik Zeugnis. Manche von ihnen werden aus kulturhistorischen Gründen erhalten.

Zwei Arten von Kalkschieferdächern sind zu unterscheiden: Das ältere, bereits vor Jahrhunderten gebräuchliche „Legschieferdach" besteht aus mehreren (im allgemeinen 4–6) Lagen dünnplattiger bzw. schiefriger Flinze (5– 5 mm) und erreicht eine durchschnittliche Stärke von 8–12 cm. Da die unregelmäßigen Bruchplatten nicht auf dem Dach befestigt, sondern nur gelegt waren, durfte die Dachneigung den „Gleitwinkel" der Schiefer von 25°–30° nicht überschreiten. Aus Transportgründen wurden Legschieferplatten nur im engeren Umkreis der Steinbrüche, also für den örtlichen Bedarf verwendet. Eine Fortentwicklung stellte das einschichtige „Zwicktaschendach" dar. Die Schieferplatten wurden nach Art von Biberschwänzen mit der Zwickzange zu verschiedenen Größen formiert, durchbohrt und mit einem Haltedorn auf der Lattung befestigt. Die Zwicktaschentechnik bot neben der steileren Dachneigung wegen des weitaus geringeren Materialbedarfs vor allem die Möglichkeit des weiteren Transports mit der aufkommenden Bahn, so daß sich diese Schieferdächer auch im weiteren Umkreis der Abbaugebiete fanden. Kalkschieferdächer hielten mehrere Jahrhunderte, wenn frostbeständige Flinze verwendet wurden. Die Prüfung auf Frostsicherheit erfolgte im Bruch durch das Anschlagen der Platte, die hell klingen mußte.

Viele alte Brüche des gesamten Plattenkalkgebietes zeugen von der Gewinnung von Dachschiefer, der heute dem unverwertbaren Material zufällt. Der Bau von Schieferdächern kam bald nach dem Zweiten Weltkrieg zum Erliegen. Heute wird diese Art der Dacheindeckung nur noch in besonderen Fällen, etwa beim Erhalt alter Bauten, angewandt.

Plattenkalke werden heute im Innenausbau in vielfältiger Weise, häufig für repräsentative oder kirchliche Räume, aber auch im privaten Bau verwendet. Je

nach Plattenstärke dienen sie bevorzugt als Wandverkleidung (schiefrige Flinze um 1 cm), als Bodenbelag (plattige Flinze von ca. 2 cm und mehr) oder als massivere Werksteine (dickere bis bankige Flinze) z.B. für den Bau von Treppenanlagen. Bankige Flinze werden auch parallel zur Schichtfläche „gespalten" (d.h. zersägt).

Die Platten kommen bruchrauh, leicht angeschliffen, geschliffen oder poliert in den Handel. – Lithographiesteine werden nur noch vereinzelt auf besondere Veranlassung hergestellt.

Die Gewinnung der Plattenkalke erfolgt heute fast ausschließlich in den Räumen nördlich Eichstätt-Obereichstätt sowie bei Langenaltheim-Solnhofen-Mörnsheim. Die Platten werden nach Beseitigung des unverwertbaren Abraums von Hand Schicht für Schicht abgehoben und sorgfältig ausgewählt. Durchschnittlich gelangen nur etwa 10% des abgebauten Schichtstoßes als verwertbares Material in den Handel.

Der hohe Anteil an Abfallmaterial erklärt die Entstehung großer Halden, die seit jeher das Bild der Albhochfläche prägen. Allerdings geht man seit langem dazu über, abgebautes Terrain mit diesem Material zu verfüllen. Ein Teil des Abfalls wird dagegen dem Zementwerk Solnhofen als Rohmaterial zugeführt, zu Dünge- und Futterkalk verarbeitet, daneben auch wegen der Reinheit der Kalke in der chemischen Industrie verwendet.

Die Anzahl der in den Abbaurevieren um Eichstätt und Solnhofen bestehenden Betriebe ist auf mehrere 10 zu veranschlagen. Neben den Steinbrüchen größerer Firmen bestehen auch viele Kleinabbaue (sog. „Hackstockmeister"-Betriebe), die von 2–3 Mann meist nicht durchgehend betrieben werden.

Zwar sind die Abbaufelder nicht immer systematisch angelegt oder aufeinander abgestimmt, da dies durch historisch bedingte Kleinabbaue und Grundeigentumsrechte sowie die nebeneinander bestehenden Ansprüche vieler Betriebe zunächst nicht möglich ist. Doch zeigt sich an der Konzentration der teils dicht beieinander liegenden Abbaue, daß letztlich ein möglichst durchgehender, flächiger Abbau der Lagerstätte angestrebt wird, wobei mittel- bis langfristig ein Teil der Halden und Steinbrüche wieder zur ursprünglichen Oberflächenform ausgeglichen wird. Bei dem sehr geringen Flächenbedarf der Plattenkalkindustrie sind dafür allerdings langfristige Zeiträume anzusetzen.

V o r k o m m e n: Auf der Karte wurde die Verbreitung der wichtigsten Areale der plattenkalkführenden Solnhofener Schichten zusammen mit einem Teil der hangenden Mörnsheimer Schichten gekennzeichnet. Zwar besitzen die Plattenkalk-Wannen sehr differenzierte Sedimentfüllungen und enthalten damit Plattenkalkvorkommen sehr unterschiedlicher Qualität. Andererseits erlaubt es der Maßstab nicht, eine Auswahl der Vorkommen nach lagerstättenkundlichen Kriterien vorzunehmen. Dies wäre auch, da weite Gebiete noch nicht oder nur wenig erschlossen sind, nur teilweise möglich. Aufgrund der bisherigen Erfahrungen ist jedoch damit zu rechnen, daß auch außerhalb der bisher aufgeschlossenen Gebiete abbauwürdige Plattenkalkvorkommen bestehen. Mit einer Verknappung der Vorräte ist allerdings in manchen Teilen des Eichstätter Raumes bereits in wenigen Jahrzehnten zu rechnen. Andererseits weicht die Steinindustrie in solcher Situation erfahrungsgemäß auf weniger wertvolle (weniger ergiebige) Vorkommen

aus. Da Lagerstätten nach heutigem Maßstab, unerschlossene, jedoch höffige Gebiete wie auch Vorkommen derzeit nachrangiger Wertigkeit, aber auch unbauwürdiges (bzw. abgebautes) Gebiet in engem Wechsel aufeinander folgen können, ist in Anbetracht des Kartenmaßstabes nur eine umfassende Kennzeichnung des Plattenkalkgebietes möglich, das jedoch in weiten Teilen lagerstättenartigen Charakter besitzt.

Stand 2000

Die Plattenkalke der östlichen Wannenbereiche (527)

Allgemeine und stratigraphische Begriffe der Plattenkalkwannen sind unter Nr. 526 dargelegt und werden hier nicht wiederholt.

Im Ostteil der Südlichen Frankenalb bestehen mehrere größere und einige kleinere Plattenkalkgebiete, die weitgehend voneinander isolierte Wannen, heute jedenfalls räumlich voneinander getrennte Vorkommen darstellen. Da die Schichtlagerung dieser Wannenfüllungen ungleich weniger bekannt ist als die der westlichen Vorkommen und ihre bisher bekannte Ausbildung einen intensiven Abbau auf Plattenkalke derzeit nicht zuläßt, werden diese Gebiete im folgenden in kurz gefaßter Form behandelt. Die Kennzeichnung auf der Karte erfolgte durch Umstrichelung der Wannengebiete. Sie diene dem Hinweis auf plattenkalk-höffiges Gebiet, in dem abbauwürdige Vorkommen in der Regel erst näher zu erkunden sind.

Folgende Wannen bzw. Gebiete mit Teilwannen liegen vor:

a) Das Wannengebiet des Raumes Denkendorf – Böhmfeld – Hepberg
b) Die Schamhauptener Wanne
c) Die Hartheimer Wanne
d) Die Wannen des Raumes Hienheim – Kelheim – Abensberg
e) Die Paintener Wanne

Einige von diesen Gebieten isolierte, jedoch zeitgleiche Vorkommen von Schichtfazies, so bei Irlahüll, Dörndorf, Schafshill, Lobsing und andere erlangen aufgrund ihrer geringen Ausdehnung und, damit verbunden, technisch minderwertiger Qualität keine wirtschaftliche Bedeutung.

a) Das Wannengebiet des Raumes Denkendorf – Böhmfeld – Hepberg

Zwischen den genannten Ortschaften erstreckt sich ein weites Gebiet, in dem Schichtfazies des Malm Zeta durch mehrere Riffstöcke unterbrochen und dadurch in mehreren Teilwannen bzw. -buchten in stärkerer fazieller Differenzierung auch zeitgleicher Schichten verbreitet ist (im einzelnen s. SCHNITZER, 1965). Unter Berücksichtigung der Größe des Verbreitungsgebietes und weit verbreiteter tertiärer Deckschichten sind die Schichtkalke dieses Raumes insgesamt schlecht erschlossen, was eine Beurteilung ihrer technischen Verwendungsfähigkeit in weiten Bereichen nicht zuläßt. (Auf eine Kennzeichnung dieses weiten Gebietes auf der Karte wurde daher verzichtet.) Lediglich im Südostrand dieses Wannengebietes sind die Kalke besser durch alte Abbaue einzusehen, was vor allem auf die Nähe von Ingolstadt, weniger auf die Qualität der Gesteine zurückzuführen ist.

Allgemein treten schiefrig-plattige Folgen zugunsten bankiger Kalke zurück. Im Bereich der Solnhofener Schichten herrscht plattige Fazies lediglich rund um Böhmfeld (dort rund 25 m mächtig) sowie bereichsweise im Köschinger Forst vor. Die Flinze erreichen wechselnd gute Ausbildung. Während um Böhmfeld gutes Material anzutreffen ist, sind sie andernorts häufig von gröberem Korn, teils auch tonreicher und erreichen nicht die Güte der Flinze von Solnhofen oder Eichstätt. In überwiegendem Maß wird diese Fazies jedoch durch 10–30 cm starke Bankkalke ersetzt, die damit in weiten Teilen dieses Wannenbereiches vorherrschen.

Bankkalke bestimmen auch – neben anderen riffbeeinflußten Sedimenten – die im Hangenden folgenden Mörnsheimer Schichten, die im Reisberggebiet ihre Hauptverbreitung besitzen. Es handelt sich um eine hier nicht weiter aufzugliedernde, insgesamt 60–70 m mächtige Folge von 10 bis maximal 40 cm mächtigen, streng gebankten Kalken und Mergelkalken mit Zwischenlagen von Mergeln oder schiefrigen Kalken. Diese Sedimente haben sich vom Idealtyp der reinen, harten Flinze weitgehend entfernt, wenngleich neben uneben bankigen Kalken auch solche mit homogener, feinkörnig dichter Ausbildung und ebenen Schichtflächen verbreitet sind.

Gewinnung und Verwendung: Die Bank- und Plattenkalke dieses Raumes wurden vor allem für die Bauten von Ingolstadt in größerem Umfang genutzt. Viele Aufschlüsse gehen auf den Festungsbau zurück. Die Gewinnung von Plattenkalken spielte jedoch nie eine bedeutende Rolle.

Heute werden die Bankkalke der mittleren Mörnsheimer Schichten östlich von Hitzhofen abgebaut. Sie dienen als Bruchsteine zum Bau von Mauern. Eine Gewinnung bzw. Prospektion nach Plattenkalken dürfte wohl erst langfristig, etwa bei Materialverknappung in Bereichen der heutigen Hauptgewinnungsgebieten in Frage kommen.

b) Die Schamhauptener Wanne

Dieses von BAUSCH (1963) beschriebene Wannengebiet führt nach bisheriger Kenntnis nur im äußersten Westen technisch brauchbare Plattenkalke, die als Zandter Fazies bekannt sind.

Die Plattenkalke sind petrographisch und qualitätsmäßig den Oberen Schiefern von Solnhofen vergleichbar: Sehr harte, reine, feinkörnige bis dicht erscheinende Kalke mit auffallend glatter Schichtfläche. Fäulen bzw. weniger feste Platten fehlen nahezu. Die Plattenstärke liegt meist zwischen 1 und 4 cm.

Die über der Hangschulter des Trockentales zwischen Schamhaupten und Zandt ausstreichenden Schichten werden im Westen bis 25 m mächtig. Sie nehmen gegen Osten unter Verringerung der Flinzstärken an Gesamtmächtigkeit ab. Gleichzeitig schalten sich zunehmend gleitgefaltete Lagen ein.

Die Schichten im Liegenden und Hangenden der Zandter Fazies führen Plattenkalke von nur geringer Qualität.

Gewinnung und Verwendung: Die Plattenkalke der Zandter Fazies werden in einem größeren Steinbruch östlich von Zandt abgebaut. Sie eignen

sich grundsätzlich für die gleichen Anwendungsbereiche wie die der Solnhofener Plattenkalke. Allerdings ist die Gewinnung derzeit stärker reduziert, da den glattschichtigen Platten eine rauhe Oberfläche fehlt. Da jedoch derartige Bewertungskriterien erfahrungsgemäß einem modischen Wandel unterworfen sind, ist das Gebiet im Westen des Schamhauptener Tales als potentielle Lagerstätte technisch hochwertiger Plattenkalke anzusehen.

Stand 2000

c) Die Hartheimer Wanne

Nach PATZELT (1963) folgen über wenige Meter feinschiefriger mergeliger, deshalb technisch wertloser Schiefer etwa 15 m mächtige Bankkalke mit Schichtstärken von 20–40 cm, denen auch Plattenkalke zwischengeschaltet sind. Diese Bankkalke gehen in ein etwa 10 m mächtiges, vorwiegend aus glattflächigen Plattenkalken bestehendes Schichtpaket über. Plattenkalke können auch im Liegenden der Bankkalke auftreten. Die Plattenkalke sind feinkörnig, hart, jedoch spröde (bekannt als „Glasstein"). Sie brechen kantig und können scherbig auffrieren. Hauptverbreitungsgebiet dieser Schichtfolge ist die nähere und weitere Umgebung des Kelsbachtales. Über dieser bankig-plattigen Abfolge mit ebenen Schichtflächen folgen ca. 50 m unebenflächige bankige Mergelkalke und Kalke, die frei von Plattenkalken sind.

Frühere Steinbrüche in dieser Schichtfolge waren meist auf die Gewinnung von Bausteinen den bankigen Kalken angelegt. Die Gewinnung von Plattenkalken wäre nur in bescheidenem Umfang möglich.

d) Die Wannen des Raumes Hienheim – Kelheim – Abensberg

Ausführliche Informationen, die über die hier in kurzer allgemeiner Form gehaltene Zusammenfassung hinausgehen, sind den Arbeiten von RUTTE (1962), SCHMIDT-KALER (1968) und WEBER (1978) zu entnehmen.

Schiefrig-plattig ausgebildete Schichten finden sich in mehreren voneinander getrennten Gebieten, in denen Schichtstöße von mehreren 10 m Mächtigkeiten über Tage anstehen: Beiderseits des Donautales zwischen Neustadt und Weltenburg, nördlich der Donau zwischen Kelheim und Herrensaal, in der Umgebung des unteren Hopfentales, im Gebiet des Galgenberges nordöstlich Abensberg und am Palmberg südwestlich Buchhofen streicht eine von Ort zu Ort unterschiedlich aufgebaute Wechselfolge von Plattenkalken und Schiefern mit zwischengeschalteten Bänken, gleitgefalteten Lagen, Detrituskalken, uneben plattigen z. B. runzeligen Kalken aus. In dieser Abfolge sind eben plattige, harte Flinze in Stärken von 1 cm bis zu wenigen Zentimetern nur untergeordnet vertreten. Schichtstöße mit einem nennenswerten Anteil guter Flinze sind meist nur über wenige Meter Profilhöhe ausgebildet.

Den über dieser Abfolge auftretenden, meist über der Hangkante die Verebnung einleitenden „Papierschiefern" (d.s. feinblättige, nach Art der Fäulen mergelige Kalke) sind einzelne Lagen dünnplattiger Flinze zwischengeschaltet.

Gewinnung und Verwendung: Noch bis zur Jahrhundertwende wurden die Wannensedimente dieses Raumes an sehr vielen, sicher weit über 50 Steinbrüchen sehr unterschiedlicher Größe und Abbauintensität, teils auch flachen, „Schiefergruben" abgebaut. Das Abbauziel waren harte, möglichst ebenflächige Lagen, wobei am häufigsten dünne, schiefrige Flinze anfielen, die als „Kelheimer Platten" weithin bekannt waren und als Dachplatten verwendet wurden. Das wertvollere Material waren dickere, etwa 2–4 cm starke Plattenkalke, die zumeist als Fußbodenplatten in den Handel kamen (Beispiel: Dom und Residenz in München).

Die Plattenkalkvorkommen des Kelheim – Hienheimer Gebietes besitzen wegen der nach heutigem Maßstab nur untergeordnet auftretenden guten Flinze im Regelfall nicht den Charakter von Lagerstätten. Eine gewerbliche Nutzung erfolgt daher seit langem nicht mehr. Auf der Karte ist nur das Hienheimer Wannengebiet gekennzeichnet.

e) Die Paintener Wanne

Dieses ausgedehnte Wannengebiet besitzt einen faziell stark differenzierten Aufbau, der, soweit erschlossen, bei STREIM (1961) und BAUSCH (1963) dargestellt ist. Danach führt allein die Abfolge des Malm Zeta 1 und 2 gut ausgebildete Plattenkalke. Diese Schichten gliedern sich in die Abfolge der liegenden Bankkalke (bis 50 m mächtig) und die der darüber folgenden Schiefer (10–30 m mächtig). Beide Fazies vertreten sich auch horizontal, wobei im Norden die oberen Bankkalke zugunsten der Schiefer zurücktreten.

Den besten Einblick über den Schichtaufbau der Bankkalkfolge bietet der eine Höhe von 50 m erschließende Steinbruch bei Painten (s. bei MEYER & SCHMIDT-KALER 1983): Über einer Folge von mergeligen, teils bituminösen Schiefern, unten mit Einschaltungen heller Bankkalke, oben auch mit Schuttbänken und Krummen Lagen (Malm Epsilon) folgen die Plattenkalke des Malm Zeta: Der 30 m aufgeschlossene Schichtstoß besteht aus einer Wechselfolge von Plattenkalken und Krummen bzw. Wilden Lagen jeweils wechselnder Mächtigkeit im Verhältnis von etwa 1,6:1.

Die gut ausgebildeten, harten, in der Regel ein bis einige Zentimeter, teils bis zu 10 cm, selten bis zu 20 cm dicken Flinze stapeln sich zu Schichtpaketen von 0,5 bis über 3 m Mächtigkeit. Die z. T. nur durch geringmächtige Fäulen getrennten Flinze besitzen etwas gröberes Korn und wechselnd ebene (bzw. bruchrauhe) bis uneben rauhe, riffelige Oberfläche (in der Nähe von Krummen Lagen).

Die häufige Einschaltung von Krummen Lagen ließ keine mächtigere Folge ungestörter Plattenkalke entstehen. Das Material ist auffallend selten durch Dendriten gezeichnet.

Die hangende Schieferfazies besteht im wesentlichen aus 0,5–2 cm dicken Flinzen wechselnder, meist aber minderer Qualität (z.B. runzelige Oberfläche, schlechtes Korn, geringe Härte). Plattenkalke, die der Ausbildung der Zandter Fazies (s. Schamhauptener Wanne) gleichen, sind die Ausnahme.

Gewinnung und Verwendung: Das Plattenkalk- und Schiefermaterial der Paintener Wanne wurde ehemals in mehreren Brüchen oder Schiefergruben als „Paintener Bänke" oder „Kelheimer Platten" als Dachschiefer, Boden- und Wandplatten abgebaut. Sie sind fast alle aufgelassen.

Die Plattenkalke der Paintener Wanne werden nur in geringem Maße zur Gewinnung von Werksteinen abgebaut. Sie spielt etwa im großen Steinbruch von Painten nur eine untergeordnete Rolle. In zwei kleineren Brüchen bei Hennhüll werden ebenfalls Plattenkalke in bescheidenem Ausmaß abgebaut. Ihre ausgezeichnete Qualität gestattet es, diese als „Solnhofener Platten" in Form von Boden- und Wandplatten, Gartenplatten, Abdeckplatten, Mauerverblendsteinen usw. auf den Markt zu bringen. Bei Jachenhausen besteht ein flacher Schieferbruch, aus dem noch heute gelegentlich dünne Flinze als Ausbesserungsmaterial für Schieferdächer entnommen werden.

Die Plattenkalkfolge dient heute bei Painten in großem Umfang unter selektivem Abbau hochprozentiger reiner Kalke zur Herstellung von Weißkalken oder Baukalken wie Putzen und Bindemitteln. Das übrige Material findet etwa als Dünge- und Futterkalk oder als Straßenbaustoff (Füller oder Mineralbeton) Verwendung.

Das Gebiet der Paintener Wanne eröffnet die Möglichkeit zur Gewinnung von Werksteinen und reinen Kalken auch an anderen Stellen als bisher bekannt. Es muß offen bleiben, ob das Profil des verhältnismäßig nahe am Riffrand gelegenen Steinbruchs Painten ein repräsentatives Bild der Paintener Bankkalke darstellt. Die Bankkalke sind neben dem Paintener Gebiet in mehreren Nebentälern der Altmühl angeschnitten. Sie bilden auf der Albhochfläche im Wechsel mit der Schieferfolge ein sanfthügeliges Relief und sind größtenteils unter Alblehmen verborgen.

Gerade die große Ausdehnung dieses 8 x 6 km weiten Sedimentbeckens läßt es aber nicht ausgeschlossen erscheinen, in seinem Zentrum auch ruhigeren Aufbau von Plattenkalkfolgen anzutreffen. Von allen östlichen Wannengebieten dürfte das von Painten am ehesten die Aussicht zur Auffindung technisch brauchbarer Plattenkalke größeren Umfangs bieten.

Massenkalke, Frankendolomit

(Hermann Weinig)

Der Behandlung dieser Gesteinsgruppe des Weißen Juras (Malm) seien einige erläuternde Hinweise vorangestellt:

Die Fazies der Massenkalke tritt als zeitliches Äquivalent neben den schichtigen Gesteinen des Weißen Juras auf. Sie unterscheiden sich von diesem durch weitgehend fehlende Schichtung, da die ungestörte Sedimentation von Kalken und Mergeln durch das rasche und unregelmäßige Wachstum riffbildender und riffbewohnender Organismen verhindert wurde. Die Gesteine zeigen daher bei grober Betrachtung einen ungegliederten, „massigen" Aufbau. Folgende Faziestypen von Massenkalken, die wichtige, auch für die Praxis der Steinverarbeitung

bedeutende lithologische Unterschiede aufweisen, werden je nach der vorherrschenden Beteiligung von Schwämmen oder Korallen am Aufbau der Riffkörper unterschieden: Schwammriff-Kalke (kuppelförmige Riffbauten), Schwammrasen-Kalke (schwammdurchsetzte „tafelbankige" Kalke mit angedeuteter Schichtung), Korallenriff-Kalke und Riffschutt-Kalke (kuppelförmige Riffbauten, teils riffschuttdurchsetzt bzw. Schuttkalke mit angedeuteter Schrägschichtung).

Durch weit verbreitete nachträgliche Dolomitisierung dieser Massenkalke ergibt sich eine Verdoppelung der Faziestypen. Für die Praxis der Kalksteinverarbeitung genügte es, diese in folgende drei Gesteinsgruppen zusammenfassen:

Die Massenkalke der Schwammriffe und Schwammrasen (Nr. 520) sind häufig miteinander vergesellschaftet und durch Übergänge verbunden.

Die Massenkalke der Korallenriffe und Riffschuttkalke (Nr. 521) treten fast immer in inniger Verbindung miteinander auf.

Beide Gruppen unterscheiden sich trotz jeweils zahlreicher unterschiedlicher Gesteinsvarianten durch charakteristische Strukturmerkmale, teils auch durch werksteintechnische Eigenschaften und mineralogische Zusammensetzung.

Unter dem Begriff Frankendolomit (Nr. 522) werden üblicherweise die dolomitisierten Faziestypen aller Massen-, Schwammrasen- und Dickbankkalke zusammengefaßt.

Massenkalke der Schwammriffe und tafelbankige Schwammkalke (530)

Den weit überwiegenden Anteil an den Riffkalken des Weißen Jura stellen Schwammkalke. Schwämme sind in der Mittleren und Nördlichen Frankenalb der vor anderen riffbildenden Organismen wichtigste Bestandteil der Riffbauten. In der Südalb kommen zusätzlich auch Korallenriffe vor, aber auch dort überwiegt insgesamt die Schwammfazies. Neben den Kieselschwämmen, die als Hauptriffbildner auftreten, sind vor allem folgende Organismen am Riffaufbau beteiligt: Krusten von Algen bzw. Cyano-Bakterien überzogen die abgestorbenen Schwämme. Vor allem in den Randbereichen der Riffe treten als festsitzende Riffbewohner Brachiopoden, Seelilien, Bryozoen und röhrenbauende Würmer, Muscheln und Kalkschwämme auf, als kriechende Riffbewohner sind Seeigel, See- und Schlangensterne, Krebse und Schnecken zu nennen.

In der Nordalb beginnen die Schwammkalke bereits im Malm Alpha, nehmen größere Verbreitung an der Oberfläche neben der Schichtfazies erst im Malm Gamma ein, um dann im Malm Delta und Epsilon diese weitgehend zu verdrängen. Als Kalk liegt heute nur die von der nachträglichen Dolomitisierung nicht erfaßte Massenfazies vor. Da die Dolomitisierung im allgemeinen von oben her erfolgte, blieben in der Regel die älteren, d. h. tiefer liegenden Riffe des Malm Alpha bis Gamma und des tieferen Delta als Kalke erhalten. Sie treten daher hauptsächlich an den Rändern vor allem der Nördlichen Frankenalb an die Oberfläche.

Im Bereich der Südalb tritt die Massenfazies zwar hinter der weit verbreiteten Schichtfazies zurück. Da hier aber andererseits die Dolomitisierung in wesentlich geringerem Maße wirksam war, sind die Massenkalke auch in der Südalb, unter Einbeziehung der Korallenriffkalke (s. Nr. 531) verhältnismäßig weit verbreitet und treten auch in höherem stratigraphischem Niveau, also im höheren Malm Delta, besonders aber im Malm Epsilon und im Malm Zeta auf, wobei im Zeta die Fazies der Korallenriffe vorherrscht.

Die Mächtigkeit der Massenkalke liegt gemäß ihrer Natur als mächtige Riffkomplexe, in der Regel bei mehreren 10 m und höher und übersteigt damit in der Regel die üblichen Abbauhöhen.

Gesteinsausbildung und Eigenschaften: Die Riffkalke treten als unterschiedlich weit ausgedehnte Riffmassen auf, die sich aus größeren und kleineren, kuppelartig aufgebauten Riff-Komplexen und Einzelriffen („Stotzen") zusammensetzen. Die laterale Ausdehnung der Riffkalke reicht von kleineren Einzelstotzen weniger Meter oder einiger 10 m Durchmesser bis hin zu viele Kilometer weit aushaltenden Riffmassen. Neben den kuppig-stotzigen und daher völlig ungeschichteten Massenkalken treten in der Südalb Schwammrasenkalke auf, die eine meist schlecht oder nur andeutungsweise ausgebildete, häufig auch aussetzende Bankung aufweisen. Die in Abständen von ca. 2–5 m auftretenden Bankfungen brachten dem Gestein die Bezeichnung „tafelbankiger Schwammkalk" ein. Wegen seines insgesamt klotzig-massigen Erscheinungsbildes und der genetischen Verwandtschaft wird diese Fazies zum Massenkalk gestellt.

Die Massenkalke der Schwammriffe stellen im allgemeinen sehr reine Kalke dar, die zu 93 bis nahe 99% $CaCO_3$ enthalten. Die Kalke bestehen bei wechselnden Anteilen etwa zur Hälfte aus verkalkten Schwammkörpern, vor allem aber kalkigen Algen- bzw. Bakterienkrusten, die zusammen das Riffgerüst bilden. Die andere Hälfte besteht aus kalkiger Grundmasse, die wie in den Schichtkalken als Sediment zugeführt ist und die Zwickel und Höhlungen des Riffes wie auch die toten Organismen selbst als Zwischenmasse ausfüllt und umgibt.

Die chemisch-mineralogische Zusammensetzung eines Riffkalkes hängt daher in hohem Maße auch von der Sedimentzufuhr ab, die ebenso wie im Bereich der Schichtkalke tonige Bestandteile enthalten kann. Massenkalke der Schwammfazies mit einem sehr hohen Karbonatgehalt finden sich daher im Malm Gamma, vor allem südlich der die Tonzufuhr abschirmenden Wiesentriffschranke (etwa die Linie Erlangen-Bayreuth), im Malm Delta, der Zeit weit verbreiteten Riffwachstums, auch darüber hinaus. Sehr reine Massenkalke bildeten sich jedoch im Oberen Delta und besonders im Epsilon, da hier, wie auch die altersgleiche Schichtfazies ausweist, nahezu tonfreie Kalke sedimentiert wurden. Besonders reine Massenkalke liegen vor, wenn Epsilonkalke etwa einen höheren Anteil an Riffranddetritus, also etwa rein karbonatischen Bruchschill von Weichtieren oder spätig-kristallin ausgebildete Seelilien oder Seeigelreste enthalten.

So gehören die Epsilonkalke des Gebietes Wittislingen-Haunsheim mit Gehalten von über 99% $CaCO_3$ zu den reinsten Kalken, die einen besonders hohen Weißheitsgrad besitzen. Die Massenkalke des Keilberges, Riffkalke des Malm Delta und Epsilon, bestehen zu 96–98% aus $CaCO_3$. Als Beispiel aus der Nördlichen

Frankenalb mögen die Massenkalke von Azendorf dienen, die $CaCO_3$-Gehalte von 92–98% aufweisen.

In der Nachbarschaft zu Dolomitgebieten bestehen zahlreiche Übergänge, die sich in unvollständig dolomitisierten Partien äußern, wobei das Ineinandergreifen von Dolomit und Kalk sowohl im Mikro- und Handstückbereich, aber auch über eine Steinbruchwand hinweg zu beobachten ist. Jedenfalls ist zwischen Dolomit und Kalk im Bereich der Massenfazies fast nie eine exakte Grenzziehung möglich.

Eine Gefahr für die Reinheit des Rohgutes stellen teils tief in den Jura eingreifende lehmgefüllte Karstschlotten dar. Diese unvermittelt auftretenden Verunreinigungen können die Qualität des Kalksteines unabhängig von dessen Zusammensetzung stark beeinträchtigen. Durch erhöhten Aufwand an Aufbereitung kann dieser Nachteil meist nur teilweise ausgeglichen werden.

Für die technischen Eigenschaften der Massenkalke lassen sich, auch unter Berücksichtigung größerer Schwankungsbreiten, keine allgemein gültigen Werte angeben. Je nach ihrem strukturellen Aufbau, und der Dichtigkeit, die wesentlich von der Ausfüllung der Hohl- und Zwickelräume mit Kalkgrundmasse abhängt, können folgende beiden Haupttypen der Massenkalke unterschieden werden, wobei allerdings zahlreiche Abweichungen und Übergänge bestehen:

Gleichmäßig dichter, harter Kalkstein mit muscheligem bis splittrigem Bruch oder teilweise lückig-poröser Kalkstein unterschiedlicher Dichte und Härte. Untergeordnet treten aus kristallinem Kalkspat bestehende „zuckerkörnige" Kalke auf.

Die Farbe der Massenkalke ist in der Regel sehr hell, d.h. gelblich-weiß, in besonderen Fällen fast weiß, bisweilen auch gelblich-bräunlich-rötlich oder hellgrau.

Gewinnung und Verwendung: Massenkalke bzw. undeutlich gebankte Schwammkalke werden in etwa 20 Steinbrüchen, teils zusammen mit Dolomit, abgebaut. Die reinsten Kalke werden bei Haunsheim und Wittislingen (Bruch derzeit stilliegend) gewonnen. Ihr hoher Weißheitsgrad wird zur Herstellung von verschiedenen Granulaten, Kalkmehlen und Mikromehlen genutzt. Diese Produkte finden als hochwertige Grundstoffe in vielen Industriezweigen, vor allem der chemischen und der Baustoffindustrie Verwendung z.B. als Edelputz, bei der Herstellung von Kunststeinen (Weißbetonsteinen), als Terrazzomaterial (z.B. zur Beschichtung von Platten), als Feinst- und Grobfüller in sehr vielen Bereichen der chemischen Industrie, in der Glasindustrie oder als Trägerstoff (z.B. für Insektizide). Terrazzogranulate wurden auch bei Holheim hergestellt. In Kalkwerken werden die Massenkalke in zwei Steinbrüchen bei Regensburg sowie bei Azendorf gebrannt oder als kohlensaurer Kalk zu verschiedenen Produkten der Bauindustrie, für Zuckerfabriken, als Hochofenkalk, zur Trinkwasseraufbereitung, als Dünge- und Futterkalk und für andere Zwecke verarbeitet. Zur Herstellung von Straßenbaustoffen dienen die Massenkalke, häufig zusammen mit Dolomit, bei Holheim, Ronheim, Regensburg, Rupprechtstegen, Kaider, Serkendorf und Ludwag.

Zusammen mit Tonen der Karstschlotten und zusätzlich zugeführten Tonen dienen die Massenkalke bei Regensburg der Zementherstellung. Die Massenkalke

bei Harburg (hier als Riestrümmergestein) dienen ebenfalls der Herstellung von Zement- und Kalk- bzw. Branntkalkprodukten.

Die Massenkalke lassen sich infolge ihrer meist unregelmäßigen, da an der Riffstruktur orientierten Klüftung bzw. Absonderung nur selten in größeren, quadrigen, d.h. zur Verarbeitung als Bau- oder Werkstein geeigneten Abmessungen gewinnen. Auch in früherer Zeit wurden Massenkalke der Schwammriffe nur untergeordnet zu Bauzwecken verwendet. Hinzuweisen wäre aber auf den Typus der tafelbankigen Schwammkalke, der in ansehnlichen Kubaturen zu gewinnen wäre und ebenso wie die entsprechende dolomitisierte Fazies einen besonderen, bisher noch nicht angebotenen Werkstein abgeben könnte.

V o r k o m m e n : Die Hauptverbreitungsgebiete von Schwammkalken des Malm Delta bis Zeta liegen in der Südlichen Frankenalb:

Am Südrand des Rieses bilden sie die Fortsetzung der baden-württembergischen Vorkommen zwischen Landesgrenze bis östlich von Harburg. Sie werden im Osten zunehmend von jüngeren Deckschichten, besonders Riesauswurfmassen, verdeckt. Die Äquivalente der im Raum Wittislingen/Haunsheim gewonnenen, besonders reinen und hellen Kalke erstrecken sich von dort bis zur Landesgrenze. Ein kleineres Massenkalkareal erstreckt sich zwischen Döckingen und Möhren. Ausgedehnte Schwammkalkgebiete finden sich im Talgebiet von Altmühl und Anlauter im Raum zwischen Eichstätt, Altdorf (Anlautertal) und Beilngries, allerdings in enger Nachbarschaft und unterbrochen von Dolomiten sowie in mehr geschlossener Verbreitung südlich des Tals der Schwarzen Laaber zwischen Hemau und der Donau.

Im Bereich der Mittleren und Nördlichen Frankenalb treten Massenkalke vor allem der Unteren Weißjuraschichten bis hinauf zum Unteren Delta in mehr oder weniger breiten Ausstrichen an den Rändern der Juratafel auf. Als großräumige Gebiete sind vor allem zu nennen: Der Raum zwischen Weißer und Schwarzer Laaber südlich der Linie Deining – Velburg (Malm Alpha und Beta), die Umgebung von Leidersdorf/Vilstal (Malm Alpha bis Delta), westlich Gräfenberg (Malm Gamma und Delta), der Westrand der Alb zwischen Ebermannstadt und Würgau (vorherrschend Malm Delta) und der Raum Großenhüll – Alladorf (vorherrschend Malm Delta).

Die vielen sonstigen im Juragebiet verstreuten, teils eng mit Dolomit verzahnten Vorkommen geringerer Flächenausdehnung können hier nicht einzeln aufgeführt werden. Zur Auffindung dieser wie auch zur besseren Lokalisierung oben genannter Verbreitungsgebiete sei auf die geologischen Spezialkarten i. M. 1:25 000 verwiesen.

Stand 2000

Massenkalke der Korallenriffe und Riffschuttkalke (z.B. Kelheimer Kalk) (531)

Die Gesteine dieser Gruppe stellen ein Material dar, das als Baustein sowohl in historischer Zeit wie auch heute als Naturwerkstein eine besondere Stellung einnimmt, zugleich aber auch – ähnlich den Schwammkalken (Nr. 530) – aufgrund seiner Reinheit als geschätzter Rohstoff vielfältige Anwendung findet. Im Zuge der

geologischen Landesaufnahme wurde diese Fazies von OSCHMANN (1958), RUTTE (1962), SCHMIDT-KALER (1968), vor allem aber von MEYER (1978) bearbeitet. Die Ergebnisse dieser Autoren bilden die Grundlage der folgenden Darstellung.

Innerhalb eines Gebietes, das von den Orten Bad Abbach – Prunn (i. Altmühltal) – Lobsing – Neustadt a.d. Donau – Offenstetten umschlossen wird, ist der Aufbau der Riffkalke durch einen hohen Anteil an Korallen charakterisiert. Im Gegensatz zu den in der gesamten übrigen Frankenalb vorherrschenden Schwammkalken sind die Korallenriffe aufgrund ihrer aus harten Teilen bestehenden Lebendriffmasse allseitig mit Riffschuttfächern umgeben, die in die angrenzenden Wannen geschüttet sind, wo sie sich mit Schichtkalken verzahnen. Der Riffschutt besteht wechselweise aus grobem Abbruchmaterial mit allen Übergängen zu feinem Zerreibsel (Detritus). Für die aus diesem Riffschutt hervorgegangenen Gesteine hat sich die Bezeichnung Kelheimer Fazies oder Kelheimer Kalk durchgesetzt. Vor allem die unter diesem Sammelbegriff zusammengefaßten Gesteine bzw. Gesteinsvarietäten (s. u.) erlangten als Bau- und Werkstein Bedeutung und sind Gegenstand dieses Kapitels.

Da jedoch die Riffe in der Regel keine geschlossenen Massen darstellen, erfolgte zusätzlich zur Ummantelung der Riffe auch deren interne Durchdringung mit Schuttkörpern oder Schuttmaterial im Großen wie im Kleinen. Auch wechselten Riffwachstum und Schuttbildung einander phasenweise ab. Insofern ergibt sich an vielen Stellen ein inniges Nebeneinander und Miteinander von Schutt- und Riff-Fazies, weshalb im Steinbruch eine Trennung oft nicht möglich und in der Praxis nicht nötig ist. Deshalb sind beide Faziestypen auf der Übersichtskarte in einem gemeinsamen Hauptverbreitungsgebiet vereinigt und hier zusammen behandelt.

Hauptverbreitungsgebiet des Kelheimer Kalkes ist die Umrandung der Kelheim – Hienheimer Wanne, in die im Norden und Westen Riffschutt der Weltenburger Riffmasse, des Riffgebietes zwischen Altmühltal (Essing – Prunn) und Donau, von verschiedenen Riffarealen des Raumes Kelheim – Bad Abbach geschüttet wurde. Die Südostbegrenzung dieses Wannengebietes bilden die Schuttkalke von Riffgebieten des Raumes Neustadt a.d. Donau – Offenstetten – Bad Abach, die, durch ein kleineres Wannengebiet bei Abensberg – Pullach unterteilt, weitgehend von ihrem eigenen Schutt bedeckt sind. In diesem Raum liegen Kalke der Kelheimer Fazies infolge der unter Kreide und Molasse abtauchenden Malmtafel nur bereichsweise an der Oberfläche frei. Weitere Riffschuttkalke sind etwa an den Rändern der Paintener Wanne oder auch im Inneren der Riffgebiete von Weltenburg und Essing – Prunn anzutreffen.

Da die Fazies der Kelheimer Kalke bevorzugt im Nahtbereich zwischen harten, morphologisch hervortretenden Riffkernen und den, da leichter der Erosion anheimfallenden, auch heute tieferliegenden Wannenbereichen auftritt, sind die Schuttkalke sehr häufig in Form von Hanggebieten herauspräpariert, so etwa in der Umgebung der Weltenburger Riffmasse.

Ausbildung und Eigenschaften: Die Beschreibung bzw. Aufführung der zahlreichen Gesteinsvarianten gibt im wesentlichen Auszüge aus den sehr genauen Beobachtungen und eingehenden Darstellungen von MEYER (1978) und RUTTE (1962) wieder. Obwohl durch vielfältige Übergänge miteinander

verbunden, soll das Erscheinungsbild von Massenkalken und Riffschuttkalken getrennt dargestellt werden:

Als Massenkalk werden geschlossene Riffkörper bezeichnet, die nur in geringem Umfang von grobem Schutt durchsetzt sind, jedoch sehr viel Feinschutt enthalten können. Im frischen Bruch zeigen sich die Massenkalke meist einheitlich dicht, da das Riffgerüst der Makroorganismen, aus der die Massenkalke bis zu etwa 25% bestehen, durch eine feine Kalkmatrix aus Feindetritus, Mikrofossilien und chemisch gefälltem Kalk ausgefüllt ist. Gleichwohl sind die Kalke bisweilen von Lücken oder nachträglich entstandenen Schwundrissen durchsetzt. Das im Handstück muschelig, je nach Dichte glatt bis feinrunzelig brechende Gestein besitzt zahlreiche Farbabstufungen, die von Braun- und Grautönen über gelblich-beige zu besonders hellen Grau-Weiß-Varietäten führen. Im engen Bereich wie im Handstück sind wechselnde lebhaftere Farbumschläge möglich, die einen Marmor-effekt hervorrufen, was sich in einigen Handelsbezeichnungen des Gesteins niederschlug.

Der in der Regel schichtungslose Kalk wird gelegentlich durchzogen von knauerig-flaserigen Lagen. An diesen wie an tektonisch und durch Druckentlastung entstandenen Klüften bricht der Fels bevorzugt, meist krummflächig ab. So fällt der Massenkalk in der Regel unregelmäßig blockig-brockig an. Solche Ablösungs-flächen, die durch eng aneinandergefügte knollig-brockige Bestandteile charakteri-siert sind, täuschen das Bild brekkzienartiger Kalke (sog. „Trümmerfels") vor, bei engscharig angeordneten Ablösungsflächen spricht man auch von „Bretterkalk". Im allgemeinen beschreibt jedoch die auch für Schwammkalke früher gebräuchliche Bezeichnung „Plumper Felsenkalk" die klotzig-massige Erscheinungsform der Massenkalke der Korallenriffe im Gelände zutreffend.

Unter der Bezeichnung Kelheimer Kalk oder Kelheimer Fazies verbirgt sich eine Vielzahl von Varianten der Riffschuttfazies. RUTTE (1962): „Die Kelheimer Kalke sind in einer Vielfalt entwickelt, die es nicht gestattet, die Varietäten auf einen Nenner zu bringen. Es gibt keinen Aufschluß und keine Gesteinsart, die sich wiederholen würden."

Gemeinsames, übergeordnetes Merkmal der Kelheimer Kalke ist der sich meist deutlich äußernde Schuttcharakter. Der Schutt besteht aus grobem bis sehr feinem Material der zerbrochenen Riffmasse, zerbrochenen Organismen (Korallen, Schalentiere, Stachelhäuter) sowie algenumkrusteten Komponenten. Das Auftreten ganz oder teilweise erhaltener Makrofossilien ist häufig. Wenn auch der Schuttkörper weitgehend durch feine anorganisch-organische Matrix ausgefüllt wurde, blieben doch meist Lücken, Löcher, Schwundrisse und Poren zurück.

Als vorherrschende Gesteinsfarben der Kalke treten helle gelblich-beigefarbene Töne bis nahezu weiß auf. Kelheimer Kalke brechen immer unregelmäßig und kantig-rauh. In der Schuttfazies deutet sich vielfach eine grobbankige Schichtung an, die – deutlich, zwischen 10° und 40° geneigt – den Gesteinskörper in wenige Meter mächtige Lagen zerlegt.

Die Vielfalt der Gesteinsvarietäten von Massenkalk der Korallenriffe und Kelheimer Kalke, die im weiteren zusammengefaßt behandelt werden, äußert sich in zahlreichen Gesteinsnahmen, von denen einige unmittelbar auf Ausbildungs-

merkmale, andere auf ihr lokales Auftreten hinweisen. Die aus der Praxis der Steinverarbeitung wichtigsten sollen hier angeführt bzw. kurz charakterisiert werden:

Breistein: Diese sehr häufige Ausbildung der Kelheimer Fazies besteht aus feinem Zerreibsel, das größere, algenumkrustete Knollen umschließt.

Mörtelkalk: Sehr feinkörniger Breistein.

Löcherkalke: Hinweis auf zahlreiche Lücken und Poren.

Kelheimer Marmor, roter Weltenburger Marmor, (roter) Auerkalk, Bildmarmor: Diese Varianten kennzeichnen besondere Farbeigenschaften, die auf Verfärbungen durch Eisenoxide in der Nähe der Geländeoberfläche zurückzuführen sind und dem Gestein ein fleckig-geflammtes, „marmoriertes" Aussehen verleihen.

Auch verschiedene ältere wissenschaftliche Gesteinsbezeichnungen wie Korallenoolith, Kelheimer Felsenkalk, Kelheimer Korallenkalk, Sternkorallenkalk, Diceraskalk kennzeichnen die Vielfalt der Kelheimer Fazies bzw. die Aussichtslosigkeit, eine Gliederung nach Häufigkeit und Verbreitung anzustreben.

Nach der Art seiner Absonderung im Steinbruch werden bei wechselndem Auftreten von Massen- und Schuttkalk die beiden Ausbildungen in der Praxis der Steinbrecher auch als „kurzer" bzw. „langer Kalk" bezeichnet.

Massenkalke und Riffschuttkalke unterscheiden sich nicht in ihrer chemischen Zusammensetzung. Die Kalke enthalten häufig zwischen 98 und 99% $CaCO_3$, geringe Anteile an Magnesiumcarbonat und Tonen, Eisenoxid, Kieselsäure u. a. nur in Bruchteilen von 1%. Sofern den oberflächennahen Einflüssen der Oxidation entzogen, erreichen die Kalke einen sehr hohen Weißheitsgrad.

Die technischen Eigenschaften dieser Kalke sind infolge der unterschiedlichen Varianten nicht auf einen Nenner zu bringen. Dies zeigt sich etwa an den sehr unterschiedlichen Werten der Rohdichte, die bis auf 2,0 g/cm^3 absinken kann, sowie der teils hohen Aufnahmefähigkeit von Wasser, die 20% und mehr erreichen kann. Solche Varianten waren als „Wasserschlucker" bekannt. Zwischen diesen porösen Varianten und nahezu dichtem Kalk mit entsprechender Rohdichte (ca. 2,6 g/cm^3) und geringer Wasseraufnahme bestehen alle Übergänge. Ebenso unterschiedlich verhalten sich die Kalke hinsichtlich anderer technischer Eigenschaften, etwa der Festigkeiten. Allerdings wurden und werden die in den Handel gelangenden Werksteine nach besoneren Qualitätsmerkmalen ausgewählt. Sie gehören mehr den dichteren Kalken an, besitzen Druckfestigkeiten bis über 100 N/mm^2 und sind damit anderen Kalksteinen durchweg vergleichbar. Ebenso bereitet die Auswahl frostsicheren Materials keine Schwierigkeit.

Eine Zwischenstellung zwischen Riffschuttkalken und bankig-plattigen Kalken nehmen Gesteine in der Umgebung von Abensberg – Offenstetten ein. Diese in sehr verschiedener Ausbildung auftretenden schichtigen Kalke (im einzelnen s. Weber, 1978) sind jedoch deutlich durch Riffschutt beeinflußt und sollen daher an dieser Stelle Erwähnung finden. Stellvertretend sei der „Offenstettener Mörtelkalk" angeführt, der früher eine gewisse Bekanntheit erlangte. Dieses schmutzig weiße bis

graue, rauhbrechende Gestein besteht aus Feindetritus und besitzt hohes Porenvolumen. Es ist in feuchtem Zustand mürbe, ausgetrocknet dagegen fest, allerdings kreidig-erdig abreibbar.

Die Eigenschaft wechselnder Festigkeit im feuchten und trockenen Zustand gilt auch für andere poröse Varianten des Kelheimer Kalkes. Solche Steine ließen sich im Gegensatz zu den dichten, splittrig brechenden Varianten bildhauerisch besonders gut bearbeiten. Dicht ausgebildete Kalke lassen sich dagegen gut verschleifen und polieren, sind also Marmore im technischen Sinn.

Gewinnung und Verwendung: Die Gesteine der Kelheimer Fazies waren seit Jahrhunderten ein beliebter Baustein, da er in besonders großen Blöcken gewinnbar, meist gut zu bearbeiten und zudem von ansprechendem Aussehen ist. Der Steinbruch bei Kapfelberg wurde bereits in der Römerzeit betrieben. Vor allem im 18. und 19. Jahrhundert waren diese Kalksteine geschätztes Baumaterial auch über die Grenzen Bayern hinaus. Kelheimer Kalk gilt auch als bevorzugter Baustein König Ludwigs I. Bedeutende Beispiele für Bauten aus Kelheimer Kalken sind die Walhalla, Siegestor und Feldherrnhalle in München, die Porta Prätoria in Regensburg, große Teile der Befreiungshalle zu Kelheim, Teile des Stephansdoms in Wien sowie viele andere Bauwerke der näheren Umgebung, vor allem aber repräsentative Bauten des 19. Jh. in München.

Infolge der Massivbauweise konnten fast alle Varianten der Massen- und Riffschuttkalke verwendet werden. Im Verlauf der Blütezeit der Gewinnung Kelheimer Kalke im 19. Jh. waren mindestens 30 Steinbrüche auf Kelheimer Kalke im weiteren Sinn in Betrieb. Die meisten befanden sich in den Hangbereichen der Täler von Donau, Altmühl und deren Nebenbäche. Etwas abseits lagen die Steinbruchgebiete des Raumes Abensberg (Sandharlanden, Offenstetten) oder bei Ebenwies (Naabtal).

Besonders ist auf die Verwendung der Kalksteine als Bildhauer- und Steinmetzmaterial hinzuweisen, wovon viele Darstellungen, z. B. in München, zeugen.

Heute werden Kalke der Riff- bzw. Riffschuttfazies an vier Stellen gewonnen: In zwei benachbarten Steinbrüchen nördlich Marching (z.B. als „Trosselfels" bekannt) sowie in einem Bruch am Nordhang des Altmühltales östlich Altessing („Kelheimer Marmor") werden ziemlich dichte Kalksteine im Schrämmverfahren abgebaut. Sie werden zum größten Teil zu Platten zersägt und als Fassadenplatten im Außenbereich, innen meist poliert als Wand- und Bodenplatten, Treppenstufen, Fensterbänke u.ä. verwendet. Daneben finden die Steine auch z.B. bossiert als Mauersteine oder Verblender, Terrassenplatten Absatz. Auch heute noch werden Bildhauer- und Steinmetzarbeiten (z.B. monumentale Plastik, Altarsteine etc.) aus Kelheimer Kalk gefertigt. Die Kalke werden nach strengen Maßstäben ausgelesen und je nach Qualität und Ausbildung des Steines weiter verarbeitet. Etwa 50% des abgebauten Materials findet Verwendung, wobei guter Stein naturgemäß in größerer Tiefe ansteht. So ging man bei Altessing bereits zu einem kavernenartig gegen den Berg vorgetriebenen Abbau über, der die rissigen Hangendlagen unterfährt.

Ausschließlich als Rohstoff der kalkverarbeitenden Industrie werden die hochprozentigen Massen- und Riffschuttkalke im großen Steinbruch bei Saal abgebaut. Die Bedeutung und die Güte des Rohstoffes machten sogar seinen Abbau unter dem Niveau des Karstwasserspiegels (Absenkung) notwendig bzw. lohnend. Die Kalke aus Saal lassen eine Vielzahl von Verarbeitungsmöglichkeiten und Einsatzgebieten zu. Diese gliedern sich im wesentlichen in die Bereiche der Metallurgie (z.B. Herstellung verschiedenster Ca-Verbindungen bzw. -legierungen), der Chemie, Papierherstellung, Pharmazie, Galvanotechnik, Farben (Lacke, Harze, Farberzeugnisse u.a.), der Bauchemie (z.B. Zusatzmittel für Beton- und Mörtel-, Klebespachtel-Dichtungsmassen, Spezialprodukten; Weißfeinkalk) und der Landwirtschaft (vor allem Herstellung von Düngemittel auf Kalkstickstoffbasis). Nur die wichtigsten Überbegriffe der Anwendungsbereiche können hier genannt werden.

Stand 2000

Frankendolomit (Riffdolomite und tafelbankige Dolomite) (532)

Unter dem Begriff Frankendolomit werden üblicherweise die dolomitisierten Faziestypen der Massenkalke (Riffkalke), Schwammrasenkalke (tafelbankige, d.h. sehr dickbankige Kalke mit nur angedeuteter Schichtung) sowie der Dickbankkalke des Fränkischen Jura zusammengefaßt. Mengen- und flächenmäßig ins Gewicht fallen nur die beiden ersten Gruppen.

Der Frankendolomit ist ein sekundär (spätdiagenetisch) gebildeter Dolomit, d.h. ursprünglich nicht dolomitische Kalke wurden nachträglich von magnesiumreichen Lösungen durchdrungen und in Dolomit umgewandelt (dolomitisiert).

Die Dolomitisierung drang von oben her frontartig in die Weißjuragesteine vor und erfaßte dabei bevorzugt wasserwegsame Gesteine wie die Schwammriffe der Mittleren und Nördlichen Frankenalb sowie die ihnen räumlich meist eng benachbarten (oft im Liegenden, Hangenden und seitlich der Riffe auftretenden) Schwammrasengesteine, während im Süden auch Teile der Korallenriffe dolomitisiert sind. Diese Gesteine liegen als massige Riffdolomite und tafelbankige Dolomite vor. Dagegen sind Schichtkalke, besonders wenn sie Mergelzwischenlagen enthalten, nur in geringem Maße dolomitisiert. Lediglich in der Nähe von Riffdolomiten und tafelbankigen Dolomiten wurde auch Schichtfazies – oft nur teilweise – dolomitisiert, so etwa manche höheren Dickbänke des Malm Delta („Baster"). Ein bekanntes Beispiel fast vollständig dolomitisierter Schichtfazies ist der Bronner Plattendolomit (Nr. 525).

Da die Dolomite hauptsächlich die höheren Teile des Weißjuraprofils einnehmen, treten sie an den Rändern der Juratafel und im Bereich mancher tief einschneidender Täler zugunsten der dort hervortretenden Schichtfazies und nicht von der Dolomitisierung erfaßter Riffkalke zurück. Im Innern der Albtafel nehmen die Dolomite dagegen weite zusammenhängende Gebiete ein, die nur in geringem Maße von inselartig eingeschalteter kalkiger Schicht- oder Massenfazies unterbrochen sind.

In der Südlichen Frankenalb treten Dolomite gegenüber den Kalken zurück, obwohl sie auch dort, vor allem im Osten, in zahlreichen größeren und kleineren Komplexen auftreten. Die Dolomite sind in zusammenhängenden Arealen etwa

vom unteren Altmühltal bis zum Nordende der Frankenalb verbreitet und stellen dort den überwiegenden Anteil der an der Oberfläche anstehenden Weißjuragesteine. Ihr mengenmäßiger Anteil an Weißjuraprofil ist folgender:

Die Riffdolomite des Malm Beta sind mengenmäßig zu vernachlässigen. Erst im Malm Gamma treten Riffdolomite neben der Schichtfazies deutlich hervor und stehen am Rande der Frankenalb und in Taleinschnitten an der Oberfläche an. Im Malm Delta erreichen Riffdolomite ihre größte Verbreitung und bilden den Hauptanteil der Albhochfläche. Dolomitische Tafelbänke treten zurück. Die Dolomite des Malm Epsilon sind, da weitgehend abgetragen, in größeren und kleineren Restarealen auf der Albhochfläche erhalten. Sie gliedern sich zu etwa gleichen Anteilen in Riffdolomite (typische Kuppenalb) und Tafelbänke auf. Dolomite des Malm Zeta sind fast ausschließlich auf die Südliche Frankenalb beschränkt.

Die großräumige Verbreitung des Frankendolomits ist auf der Übersichtskarte in Umrissen dargestellt. Eine Differenzierung der sehr unterschiedlich zusammengesetzten Dolomite bzw. die Abgrenzung von Dolomitkomplexen oder Vorkommen etwa nach Magnesiumgehalten oder Reinheit der Gesteine ist nach den heute vorliegenden Daten nicht möglich. Jedoch reichen die derzeitigen Kenntnisse aus, unter Verwendung der vorliegenden geologischen Kartierungen, wichtige Hinweise auf Gebiete mit guten Dolomitqualitäten zu geben (s. u.).

Die Mächtigkeiten des Frankendolomits betragen nördlich der Wiesent wenige 10 m, südlich der Wiesent bis zu 100 m und darüber. Mancherorts, etwa im Gebiet Regenthal-Bronn, östlich Alfeld oder im Parsberger Raum sind Mächtigkeiten in der Größenordnung von 200 bis 250 m nachgewiesen. Da die Dolomite in der Regel als Riffdolomite auftreten, ist mit stark an- und abschwellender Mächtigkeit zu rechnen.

Gesteinsausbildung und Eigenschaften: Frankendolomit ist ein meist fein- bis mittelkörnig kristallin (zuckerkörnig) ausgebildetes Gestein mit richtungslosem Gefüge. Die Farbe wechselt, oft bereits im Block- und Handstückbereich, je nach dem Oxidationsgrad des akzessorischen Eisens zwischen blaugrau, beigefarben hell bis bräunlich. Die Riffstruktur kann sich durch porig-lückige, oft auf Fossileinschlüsse zurückzuführende Hohlräume bemerkbar machen.

Die farbliche Ausbildung der Dolomite ist im Verein mit ihrer Absonderungsform für die Verwendungsmöglichkeiten des Gesteins von Bedeutung.

Tafelbankige Dolomite sind undeutlich dickbankige Gesteine mit weitständiger Klüftung. Die bis zu 3 m mächtigen Bänke können im Schichtverlauf aufspalten sowie auf gewellten Lagerflächen in ihrer Mächtigkeit auf- und abschwellen. Die Bänke eignen sich, sofern sie eine ansprechende Farbgebung besitzen, zum Brechen von Rohblöcken für die Werksteinindustrie.

So besitzt z.B. der Dolomit von Kleinziegenfeld großfleckige bis wolkige blaugrau-gelbliche Musterung, die mehr (Varietät „geblümt") oder weniger (Varietät „uni") hervortritt, während der Dolomit von Wachenzell abgestufte Brauntöne in fleckig-streifiger Anordnung aufweist.

Die in der Regel massig, klotzig absondernden, oft unregelmäßig geklüfteten Riffdolomite eignen sich nicht zur Gewinnung von Blöcken, deren Abmessung eine Weiterverarbeitung als Naturwerkstein gestattet. Ihre farblichen Abstufungen (hell oder dunkel) erlauben unter Vorbehalt gewisse Hinweise auf die Reinheit der Dolomitsteine.

Die chemisch-mineralogische Zusammensetzung wechselt zwischen Dolomiten nahezu idealer Zusammensetzung (Reindolomiten), kalkigen Dolomiten und dolomitischen Kalken. Die Dolomitgrenze stellt daher eine Übergangszone wechselnder Breite dar. Sie kann als deutlich erkennbare Front scharf ausgebildet sein (im Zentimeterbereich liegen), jedoch auch durch unregelmäßige Verzahnung von Kalk, Dolomit und teildolomitisierten Kalken das Gebirge in schwer faßbarer Form durchlaufen.

Der Frankendolomit wurde lange Zeit als weitgehend ungegliederte bzw. nicht gliederbare Ausbildung angesehen, was auch zu der übergeordneten Sammelbezeichnung führte. Erst MEYER (1972, 1974 und 1977) und GOETZE (1975) erarbeiteten eine umfassende stratigraphische Gliederung des Frankendolomits, die sich an verschiedenen Ausbildungsmerkmalen wie Farbe, Kristallkorngröße, Chemismus und Aufbau der Riffkörper orientiert. Die Ergebnisse dieser ausgezeichneten Arbeiten über die Nördliche, Mittlere und Südliche Frankenalb erlauben beim Versuch, hochwertige Dolomite näher zu lokalisieren, praktische Schlußfolgerungen. Diese grundsätzlichen Ergebnisse sollen daher, soweit von praktischem Interesse, hier in zusammengefaßter Form wiedergegeben werden und einen Überblick über die Ausbildung der Frankendolomit in Riff-Fazies vermitteln:

Malm Gamma: Hellfarben (z.B. hellgrau bis gelblich, weißlich grau), Kristallgröße bis 0,3 mm, sehr hart, senkrecht geklüftet (Bretterdolomit); vielfach geringe Kalzitanteile im Dolomit.

Malm Delta: Verhältnismäßig dunkelfarben (z.B. schmutzig grau – blaugrau – graubraun – grauweiß wechselnd), Korngröße bis 0,25 mm, häufig mürbe, vorwiegend horizontale bis kuppelförmige Absonderung, meist 100% Dolomitanteil.

Malm Epsilon: Wesentlich heller als Delta (z.B. grauweiß, bräunlich, weiß), Korngröße bis 0,3 mm, hart, senkrechte Klüftung (Bretterdolomit, bizarre Oberfläche und Landschaftsformen), bis 100% Dolomitgehalt; aber vielfach noch geringe Kalzitanteile, Dolomit selbst vielfach mit Calzium-Überschuß.

Es kann im Rahmen dieser Darstellung nicht der Versuch unternommen werden, die vorliegenden Dolomitanalysen der Fränkischen Alb etwa regional oder nach stratigraphischen Gesichtspunkten einzuordnen.

Hierfür reicht das vorliegende Datenmaterial ohnehin nicht aus. Einige zusammengefaßt bzw. gemittelt wiedergegebene Analysendaten sollen als Anhaltspunkte zur chemisch-mineralogischen Zusammensetzung der Dolomitvorkommen dienen:

Von 23 Dolomitproben, entnommen an 8 Dolomitvorkommen der Frankenalb nördlich der Pegnitz, liegt das CaO/MgO-Verhältnis 20mal zwischen 1,47 und 1,63, entspricht also Reindolomiten (nach G. SCHRÖDER, 1965).

Die MgO-Gehalte von 20 Riffdolomit-Proben, die aus – heute größtenteils aufgelassenen – Steinbrüchen der gesamten Frankenalb entnommen wurden, liegen zwischen 19,55 und 21,90%. Die MgO-Gehalte von 14,97, 17,36, 16,36 und 19,51% beziehen sich im Gegensatz dazu auf tafelbankige Dolomite.

Dolomitgehalte von 97–100% sind aus allen Riffdolomiten des Malm Beta bis Malm Zeta bekannt. Die Gehalte an Fremdoxiden der Riffdolomite bewegen sich häufig zwischen <1 und etwa 2%.

Da bei den vorstehend angegebenen Daten eine gewisse positive Auslese aus den Dolomitvorkommen der Frankenalb anzunehmen ist, repräsentieren sie nicht die durchschnittliche Zusammensetzung der Frankendolomite. Eine pauschale Übertragung von Einzelanalysen auf das Vorkommen ist auch wegen der sehr unterschiedlich ausgebildeten, jedoch fast immer vorhandenen Verunreinigung des Dolomitvorkommens durch tief eingreifende, meist lehmerfüllte Karstschlotten etc. nicht zulässig.

Die Druckfestigkeiten der Dolomite schwanken in weiten Grenzen, sind jedoch im allgemeinen sehr hoch anzusetzen: Die Werte für unverwitterten („kernigen") Dolomit liegen meist zwischen 130 und 270 N/mm^2, bisweilen sogar drüber.

Dolomite können an Kluftzonen und im Bereich von Karsterscheinungen zu mürbem Fels verwittert sein, der absandet oder bereits als Dolomitsand (Dolomitasche) vorliegt. Diese Verwitterung erfolgte in geologischen Zeiträumen. Zur Verarbeitung gelangen nur frische Dolomite, die durchweg verwitterungsbeständig, ebenso frostsicher sind.

Gewinnung und Verwendung: Frankendolomit der Riff-Fazies wird in mehreren Brüchen durch Sprengung gewonnen und vor allem zu Straßenbaustoffen verschiedenster Art verwendet. Die besondere Härte des Gesteins führte zu seiner verstärkten Verwendung gerade auf diesem Gebiet insofern, als die Dolomite mehr und mehr an die Stelle gebankter Kalke oder Massenkalke treten. Auch als Zuschlagstoff für Beton ist Dolomit gut geeignet, da das stückige Brechgut durch seine kristallin-rauhe Bruchfläche eine innige Bindung mit der Zementmatrix eingeht.

Bei Velden wird sehr reiner Dolomit in Form von Granulat der Glasindustrie als Grundrohstoff zugeführt.

Dolomite minderer Qualität finden gemahlen bzw. gebrannt in der Bauindustrie, als Düngemittel sowie als Füllstoff für bituminöse Massen (z.B. Schwarzdeckenbau) Verwendung.

Dolomitische Dickbänke werden heute als Naturwerksteine im oberen Wiesenttal bei Kleinziegenfeld („Kleinziegenfelder Dolomit") und bei Wachenzell nördlich Eichstätt („Wachenzeller Dolomit", früher auch „Eichstätter Dolomit") gebrochen.

Die Steine werden meist gesägt, teils auch poliert oder auf verschiedene Weise rauh bearbeitet oder behauen als verkleidende Platten und Werksteine oder auch in massiver Form in vielen Anwendungsbereichen des Innen- und Außenbereiches

verbaut. Auch zu Steinmetz- und Bildhauerarbeiten, z.B. als Grabsteine, figürliche Arbeiten, Brunnen, Simse u.a. werden bankige Dolomite verwendet.

Früher erfolgte ihre Gewinnung auch bei Eichstätt („Eichstätter" bzw. „Mariensteiner Dolomit"), im Naabtal bei Ebenwies sowie in Oberfranken bei Steinfeld, Treunitz („Treunitzer Muschelkalk") und bei Scheßlitz („Scheßlitzer Dolomit" bzw. „Muschelkalk").

Von den zahlreichen Vorkommen dolomitischer Dickbänke wurden bisher nur wenige als Werkstein genutzt.

Stand 2000

Impaktbeeinflußte Malmgesteine des Riesrandes

(HERMANN WEINIG)

Ries-Trümmergesteine (540)

Im Bereich des Riesrandes und des Vorrieses sind Malmgesteine weit verbreitet, die durch den Meteoriteneinschlag (Impakt) in unterschiedlichem Außmaß zerbrochen sind. Als Gruppe der riesischen Impaktgesteine stellen diese „Bunten Trümmermassen" Gesteinskomplexe dar, die aus ihrer urspünglichen Lage mehr oder weniger weit bewegt wurden (allochthone bzw. parautochthone Schollen).

Gesteinsausbildung und Eigenschaften: Die in größerem Verband befindlichen oder – umgeben von anderen Trümmermassen – isolierten Malmkomplexe liegen je nach Ausgangsmaterial und Grad der Deformation in unterschiedlicher Ausbildung vor. Die vor allem im Bereich der südlichen Riesumrandung vorherrschenden Massenkalke (Schwamm-Algen-Riff-fazies des Malm Delta bis Zeta) sind häufig gekennzeichnet von engständiger Zerklüftung und Bewegungsflächen, die das Gestein wirr durchlaufen und es stückig zerlegen. Stärker bewegte (verruschelte) Zonen führen grob und feinstückiges, weitgehend aus dem Verband gelöstes Material, das bisweilen in sehr feiner Matrix aus zermahlenem Gestein schwimmt (Mörteltextur). Die auf diese Weise ausgebildeten, ihr Erscheinungsbild rasch ändernden impaktbeanspruchten Kalke werden als vergrieste Malmkalke oder kurz als Gries, von der heimischen Bevölkerung auch einfach als Kies bezeichnet, was der tatsächlichen Korngröße bzw. den Partikeln des Gesteins entspricht. Nehen typischer Vergriesung treten jedoch Übergänge zu lediglich stärker zerklüfteten oder großblockig zerlegten Kalken auf.

Die Deformation der Schichtfazies (im wesentlichen Bankkalke des Malm Gamma bis Zeta) weicht durch weniger intensive, meist steil zur Schichtung stehende Klüftung und Verschiebungsflächen und somit im Durchschnitt größer formierte Bruchstücke von der Massenfazies ab. Der Deformationsgrad reicht jedoch auch hier über zunehmende Zerklüftung bis zu engständiger (1–5 cm), senkrecht zur Schichtung stehender „Plattenklüftung" zur Vergriesung, die jedoch in Schichtkalken weniger häufig verbreitet ist.

Die vergriesten Malmkalke stellen keine lose Schuttmasse dar, sondern es besteht ein durch den hohen Druck des Impaktvorganges erzeugter Zusammenhalt der meist scharfkantigen Fragmente. Bisweilen sind die Griese auch durch nachträgliche Kalzitausscheidung auf den Trennflächen etwas verfestigt.

Zerklüftung und Vergriesung sind Ausdruck einer Bewegung, die den gesamten Gesteinskörper nach Art einer Durchknetung erfaßt hat. Dabei kam es nur zum Teil zur sichtbaren Rißbildung, weshalb zusätzlich latente Trennflächen das Gestein zahlreich durchziehen. Diese latenten Trennfugen öffnen sich erst bei weiterer mechanischer Beanspruchung.

Gewinnung und Verwendung: Vergrieste und stärker zerklüftete Malmkalke werden in mehreren – früher in zahlreichen – größeren und kleineren Gewinnungsstellen (je nach dem Ausmaß von Materialzerkleinerung und Standfestigkeit der Wände als Steinbruch oder Kiesgrube) meist durch Bagger abgebaut. Da sich die latent vorhandenen Trennfugen bei mechanischer Beanspruchung etwa durch Schlag, Druck oder bei Frosteinwirkung in unterschiedlicher Weise öffnen, ist das Gestein für eine kontrollierte Zerkleinerung in Brechanlagen im allgemeinen nicht zu gebrauchen, jedenfalls ist eine maschinelle Weiterverarbeitung wie etwa bei Oppertshofen die Ausnahme. Das Gestein wird daher vor allem beim Bau von ungeteerten Straßen, also im kommunalen und forstlichen Wegebau als billig zu beschaffendes Material verwendet, vor allem wenn es beim Abbau als natürlicher Splitt oder Schotter anfällt. Bei Harburg werden stark zerrüttete Massenkalke zu Zement und Branntkalkprodukten verarbeitet: Die an sich hochprozentigen Massenkalke sind mit eingewürgten und aufliegenden Tonen vergesellschaftet und eignen sich so als „Mischgestein" zur Herstellung von Zement, selektiv abgebaut und gereinigt dagegen als Rohstoff für Branntkalk.

Vorkommen: Kalkige Ries-Trümmergesteine treten in der gesamten südlichen und westlichen Riesumrandung zwischen den Tälern von Eger und Rohrbach bis über 10 km vom Riesrand entfernt in unzähligen größeren (1–2 km) und kleinsten Schollen auf.

Literatur

Antoniadis, P., Fytrolakis, N., Hegenberger, W. & Strassner-Munk, Ch. (1972): Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 6032 Scheßlitz. – 204 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1972.

Bauberger, W. & Cramer, P. (1961): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000 Blatt Nr. 6838 Regenstauf. – 220 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1961.

Bauberger, W., Cramer, P. & Tillmann, H. (1969): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000 Blatt Nr. 6938 Regensburg. – 414 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1969.

Bauder, J. F. (1756): Beschreibung eines bey Altdorf im Nürnbergischen neuerlich gefundenen kostbaren und noch nie gesehenen Ammoniten- und Belemniten Marmors. – Fränk. Samml., **1**: 298–312, Nürnberg 1756.

Bausch, W. (1963): Der Obere Malm an der unteren Altmühl. Nebst einer Studie über das Riff-Problem. – Erlanger geol. Abh., **49,** 38 S., Erlangen 1963.

Bausch, W. & Zeiss, A. (1966): Zur Zusammensetzung des Kelheimer Riffkalkes. – Geol. Blätter NO-Bayern, **16:** 240–242, Erlangen 1966.

Bauschinger, J. (1874): Mitteilungen aus dem Mechanisch-Technischen Laboratorium der K. Polytechnischen Schule in München. – 4 H., München 1874.

Bayerisches Oberbergamt (Geologische Landesuntersuchung) (1924): Die nutzbaren Mineralien, Gesteine und Erden Bayerns. – I. Band, Frankenwald, Fichtelgebirge und Bayerischer Wald. – 220 S., München (Oldenbourg und Piloty & Loehle) 1924.

Bayerisches Oberbergamt (Geologische Landesuntersuchung) (1936): Die nutzbaren Mineralien, Gesteine und Erden Bayerns. – II. Band, Franken, Oberpfalz und Schwaben nördlich der Donau. – 512 S., 1 Übersichtskarte, 62 Abb., 25 Bildtaf., 2 Kartentaf., München (Oldenbourg und Piloty & Loehle) 1936

Becher A. (1960): Geologische Untersuchungen südlich Thalmässing (Südliche Frankenalb). – Erlanger geol. Abh., **35,** 19 S., Erlangen 1960.

Berger, K. (1982): Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 6931 Weißenburg i. Bay. – 136 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1982.

Birzer, F. (1936): Die Monotis-Bank in den Posidonien-Schiefern, besonders Frankens. – Abh. Geol. Landesunters. am Bayer. Oberbergamt, **26:** 3–32, München 1936.

Birzer, F. (1972): Imitierter Altdorfer Marmor in der Kirche St. Jobst in Neumarkt/Opf. – Geol. Blätter NO-Bayern, **22:** 162–166, Erlangen 1972.

Chao, E., Hüttner, R. & Schmidt-Kaler, H., (1978): Aufschlüsse im Ries-Meteoriten-Krater. – 84 S., 71 Abb., 1 geol. Karte, München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1978.

Dantmann, A. (1912): Die Solnhofer Steinbrüche. – Das Bayerland, **23:** 370–373

Dorn, P. (1958): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000 Blatt Nr. 6333 Gräfenberg. – 84 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1958.

Drexler, P. (1964): Der Quaderkalk im Hauptmuschelkalk Frankens. (Eine Geowirtschaftliche Studie). – Dissertation a.d. Julius-Maximilians-Universität Würzburg. 140 S., Würzburg 1964.

Eberle, G. (1947): Dächer im Jura. – Natur und Volk, **77:** 142–147, Frankfurt/M. 1947.

Eder, B. (1928): Die Kalkschieferbrüche bei Mörnsheim, Mühlheim und Altendorf nach ihrer geschichtlichen Entwicklung. – 164 S., Eichstädt 1928.

Edlinger, G. v. (1964): Faziesverhältnisse und Tektonik der Malmtafel nördlich Eichstätt/Mfr. – Erlanger geol. Abh., **56,** 75 S., Erlangen 1964.

Edlinger, G. v. (1966): Zur Geologie des Weißen Jura zwischen Solnhofen und Eichstätt (Mfr.). – Erlanger geol. Abh., **61,** 20 S., Erlangen 1966.

Emmert, U. (1964): Muschelkalk. – In: Bayerisches Geologisches Landesamt: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:500 000, 2. Aufl.: 81–90, München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1964.

Emmert, (1981): Muschelkalk. – In: Bayerisches Geologisches Landesamt: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:500 000, 3. Aufl.: 46–49, München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1981.

Exler, H. J. (1955): Geologie der Fränkischen Alb zwischen Hohenmirsberg und Weidensees. Nebst Untersuchungen über die Entstehung des Bronner Plattendolomits. – Erlanger geol. Abh., **15,** 27 S., Erlangen 1955.

EXLER, H. J. (1957): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000 Blatt Nr. 6234 Pottenstein. – 44 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1957.

FESEFELDT, K. (1962): Schichtenfolge und Lagerung des oberen Weißjura zwischen Solnhofen und der Donau (Südliche Frankenalb). – Erlanger geol. Abh., **46,** 80 S., Erlangen 1962.

FESEFELDT, K. (1963): Der Obere Malm im Südlichen Vorries. – Erlanger geol. Abh., **47,** 33 S., Erlangen 1963.

FORSCHUNGSGESELLSCHAFT FÜR DAS STRASSENWESEN (ARBEITSGRUPPE MINERALSTOFFE IM STRASSENBAU) (1978): Technische Lieferbedingungen für Mineralstoffe im Straßenbau TL Min 78, 17 S., 9 Tab., Ausgabe 1978, Köln.

FRANK, A. (1961): Oberfränkischer Marmor. – Der Siebenstern, **30:** 29–31, Wunsiedel 1961.

FRANK, (1961): Der oberfränkische Marmor wurde einst im Zuchthaus St. Georgen verarbeitet. – Frankenheimat (Beil. d. Bayreuther Tagblattes), **10,** 38–39, Bayreuth 1961.

FREYBERG, B. v. (1958): Johann Friedrich Bauder (1713–1791) und seine Bedeutung für die Versteinerungskunde in Franken. – Geol. Blätter NO-Bayern, **8:** 76–106, Erlangen 1958.

FREYBERG, (1961): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000 Blatt Nr. 6235 Pegnitz. – 207 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1961.

FREYBERG, (1964): Geologie des Weißen Jura zwischen Eichstätt und Neuburg/Donau (Südliche Frankenalb.) – Erlanger geol. Abh., **54,** 97 S., Erlangen 1964.

FREYBERG, (1966): Der Faziesverband im Unteren Malm Frankens. Ergebnisse der Stromatometrie. – Erlanger geol. Abh., **54,** Erlangen 1966.

FREYBERG, (1968): Übersicht über den Malm der Altmühlalb. – Erlanger geol. Abh., **70,** 40 S., Erlangen 1968.

FREYBERG, (1980): Zur Erdgeschichte des Doggersandsteins. – Erlanger geol. Abh., **108:** 63–68, Erlangen 1980.

FRIZ, O. (1925): Vorkommen und Verwendung nutzbarer Kalksteine in Süddeutschland. – 279 S., Berlin 1925.

FROSCH, J. (1924): Oberfränkischer Marmor. – Der Mainbote für Oberfranken (Heimatkalender), 31–34, 1924.

GALL, H. (1971): Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 7328 Wittislingen. – 186 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1971.

GAUCKLER, P. & HÄRING, H. (1973): Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 6735 Deining. – 158 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1973.

GOETZE, F., MEYER, R.K.F. & TREIBS, W. (1975): Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 6334 Betzenstein. – 144 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1975.

GROISS, J. TH. & ZEISS, A. (1968): Exkursion in die Südliche Frankenalb. Gebiet zwischen Treuchtlingen und Eichstätt. – Geol. Bl. NO-Bayern, **18:** 98–112, Erlangen 1968.

GRUBER, E. (1920): Solnhofer Steinbrüche. – Das Bayerland, **31,** Nr. 21: 341–344.

GUDDEN, H. & TREIBS, W. (1961): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000 Blatt Nr. 6436 Sulzbach-Rosenberg Nord. – 143 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1961.

GUDDEN,H. & TREIBS, W. (1964): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000 Blatt Nr. 6536 Sulzbach-Rosenberg Süd. – 104 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1964.

HAARLÄNDER, W. (1961): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000 Blatt Nr. 6434 Hersbruck. – 76 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1961.

HÄNEL, W. (1965): Gewinnung und erste Bearbeitung der Solnhofer Plattenkalke. – Aufschluß, **16:** 237–242, Göttingen 1965.

HÄRTLEIN, H. (1950): Der Weißjura – Kalksteinhruch bei Hartmannshof in der Frankenalb. – Die Fränkische Alb, **31:** 19–22, Nürnberg 1950.

HASSELMANN, F. (1888): Die Steinbrüche des Donaugebietes von Regensburg bis Neuburg. – München 1888.

HAUNSCHILD, H. (1964): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000 Blatt Nr. 6627 Rothenburg ob der Tauber. – 112 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1964.

HEGENBERGER, W. & SCHIRMER, W. (1967): Erläuterungen zur geologischen Karte von Bayern 1:25 000 Blatt Nr. 5932 Utzing. – 156 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1967.

HERBECK, A. (1953): Der Mamor. Entstehung, Arten, Gewinnung, Vorkommen. – München 1953.

HERTLE, A. (1962): Stratigraphie und Tektonik der Fränkischen Alb um Wissing. – Erlanger geol. Abh., **45,** 41 S., Erlangen 1962.

HIRSCHWALD, E. (1911): Handbuch der bautechnischen Gesteinsprüfung. – 1. Bd., II. Teil, Berlin 1911.

HOFFMANN, U. (1967): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000 Blatt Nr. 6225 Würzburg Süd – 134 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1967.

HOFFMANN, U. (1967a): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000 Blatt Nr. 6125 Würzburg Nord – 94 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt)

HOFFMANN, U. (1967b): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000 Blatt Nr. 6225 Würzburg Süd. – 134 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt)

KEUPP, H. (1977b): Der Solnhofener Plattenkalk – ein Blaugrünalgen-Laminit. – Paläont. Z., **51:** 102–106, Stuttgart 1977.

KOLB, H. (1964): Der Lias ε im Gebiet zwischen Altdorf und Neumarkt. – Geol. Blätter NO-Bayern, **14:** 129–144, Erlangen 1964.

KRESS, Th. (1957): 100 Jahre Solnhofer Aktien-Verein. – Solnhofen 1957.

KRUMBECK, L. (1956): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000 Blatt Nr. 6232 Forchheim. – 80 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1956.

LANG, G. (1941): Weltenburger Marmorindustrie im 18. Jahrhundert. – Verh. Histor. Ver. f. Niederbayern, **74:** 75–81.

LAUBMANN, I. (1882): Bayerns natürliche Bau- und Dekorationssteine. – Bayer. Industrie- und Gewerbebl. **14:** 1–32, 1882.

LONGOLIUS, P. D. (1757): Von den Arten des Marmors, die um die Stadt Hof im Brandenburgkulmbachischen brechen. – Fränk. Samml., **2:** 373–381, Nürnberg 1757.

LONGOLIUS, P. D. (1758): Fortsetzung der Beschreibung der in den Hochfürstl. Brandenburg-Culmbachischen Landen befindlichen Marmorarten in der Landeshauptmannschaft zum Hof. – Fränk. Samml., **3:** 466–477, Nürnberg 1758.

LONGOLIUS, P. D. (1758): Fortsetzung der Beschreibung der in Bayreuthischen brechenden Marmor. – Fränk. Samml. **3:** 552–554, Nürnberg 1758.

LORZ, O. (1950): Der devonische Flaserkalk des Frankenwaldes. – Der Aufschluß, **1:** 101–102, Roßdorf b. Darmstadt, 1950.

MALZ, H. (1976): Solnhofener Plattenkalke: Eine Welt in Stein. – Solnhofen (Aktienverein) 1976.

MEHLING, G. (1973): Unter Mitarbeit von APPEL L.†, BAUER-CALLWEY, K., FUCHS, R., MÜLLER, F., OBERMAIER, J. & WEBER, S.: Naturstein-Lexikon. – 648 S., München (Verlag Georg D. W. Callwey) 1973.

MEYER, R. K. F. (1972): Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 6033 Hollfeld. – 107 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1972.

MEYER, R. K. F. (1974): Stratigraphie und Fazies des Frankendolomits (Malm). 2. Teil: Mittlere Frankenalb. – Erlanger geol. Abh., **96,** 34 S., Erlangen 1974.

MEYER, R. K. F. (1977): Stratigraphie und Fazies des Frankendolomits und der Massenkalke. 3. Teil: Südliche Frankenalb. – Erlanger geol. Abh., **104,** 40 S., Erlangen 1977.

MEYER, R. K. F. (1978): Massenkalkfazies, Kelheimer Fazies. – In: Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 7137 Abensberg, 26–57, München (Bayer. Geol. L.-Amt) München 1978.

MEYER, R. K. F. (1979): Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 6132 Buttenheim. – München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1979.

MEYER, R. K. F. (1981): Malm. – In: Bayerisches Geologisches Landesamt: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:500 000, 3. Aufl.: 62–68, München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1981.

MEYER, R. & SCHMIDT-KALER, H. (1980): Jura. – In: Erläuterungen zur Geol. Karte von Bayern 1:500 000, 3. Auflage, 55–68, München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1981.

MEYER, R. & SCHMIDT-KALER, H. (1983): Erdgeschichte sichtbar gemacht. Ein geologischer Führer durch die Altmühlalb. – 260 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1983.

MEYER, R. K. F., VIOHL, G. & ZORN, H. (1972): Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 5933 Weismain. – 160 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1972.

MINERALOGISCHES LABORATORIUM und GEOLOGISCHE SAMMLUNG DER KGL. TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZU MÜNCHEN (1896): Nutzbare Gesteine und Mineralien des Königreichs Bayern auf der Bayer. Landes-Industrie-, Gewerbe- und Kunst-Ausstellung zu Nürnberg 1896. – S. 1–9, München (Nationale Verlagsanstalt, Buch- und Kunstdruckerei, Act.-Ges., München–Regensburg) 1896.

MOHR, K. (1963): Die Kalkvorkommen des Frankenwaldes. – Unsere Heimat (Nailaer Ztg.), Nr. 13, 26. Nov. 1983, 100–103, Naila 1963.

MÜLLER, F. (1979): Bayerns steinreiche Ecke. – Erdgeschichte – Gesteine – Minerale – Fossile von Fichtelgebirge, Frankenwald, Münchberger Masse und nördl. Oberpfälzer Wald. – 272 S., 458 Abb., (Oberfränkische Verlagsanstalt und Druckerei GmbH) Hof/Saale 1979.

MÜLLER F. (o. J.): Internationale Naturstein-Kartei. – Kalkstein, 7. und 8. Bd., Ulm (Ebner-Verlag)

MÜLLER, K. W. (1959): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000 Blatt Nr. 6233 Ebermannstadt. – 58 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1959.

MÜLLER-BURGER, M. L. (1925): Solnhofen und die Steinbrüche. – Das Bayerland, **36,** Nr. 3: 89–93, München 1925.

OKRUSCH, M. & WEINELT, W. (1965): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000 Blatt Nr. 5921 Schöllkrippen. – 327 S., 53 Abb., 10 Tab., 3 Beil., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1965.

OSCHMANN, F. (1958): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000 Blatt Nr. 7038 Bad Abbach. – 183 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1958.

PATZELT, W. (1963): Verbreitung, Gliederung und Lagerung des Malm auf den Kartenblättern Kösching und Vohburg (Südliche Frankenalb). – Erlanger geol. Abh., **50,** 12 S., Erlangen 1963.

PUTZER, H. (1939): Der Jura am Keilberg bei Regensburg. – N. Jb. Mineral. etc., Beil.-Bd. **82,** Abt. B 90–154, 2 Taf., Stuttgart 1939.

REIS, O. M. (1935): Die Gesteine der Münchner Bauten und Denkmäler. – 243 S., München 1935.

RUTTE, E. (1962): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000 Blatt Nr. 7037 Kelheim. – 243 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1962.

SCHALLER, CH. (1953): Kunstwerke aus dem Marmor des Frankenwaldes. – Heimatbote, Monatsbeilage d. Fränk. Presse, **5,** Nr. 6, Bayreuth 1953.

SCHERZER, H. (1920): Der Weißenburger Marmor. – Fränkischer Kurier, Nürnberg, April 1920.

SCHMIDT-KALER, H. (1962): Stratigraphische und tektonische Untersuchungen im Malm des nordöstlichen Ries-Rahmens. Nebst Parallelisierung des Malm Alpba bis Delta der Südlichen Frankenalb über das Riesgebiet mit der schwäbischen Ostalb. – Erlanger geol. Abh., **44,** 51 S., Erlangen 1962.

SCHMIDT-KALER, H. (1968): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000 Blatt Nr. 7136 Neustadt a.d. Donau. – 167 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1968.

SCHMIDT-KALER, H. (1969): Der Jura im Ries und in seiner Umgebung. – Geologica Bavarica, **61,** 59–86, München 1969.

SCHMIDT-KALER, H. (1970): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000 Blatt Nr. 6930 Heidenheim. – 120 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1970.

SCHMIDT-KALER, H. (1971): Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 6932 Nennslingen. – 104 S., München (Bayer, Geol. L.-Amt) 1971.

SCHMIDT-KALER, H. (1976): Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 7031 Treuchtlingen. – 145 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1976.

SCHMIDT-KALER, H. (1977): Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 6534 Happurg. – 79 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1977.

SCHMIDT-KALER, H. (1979): Geologische Karte des Naturparks Altmühltal/Südliche Frankenalb 1:100 000 (mit Kurzerläuterungen auf der Rückseite, unter Mitarbeit von R. MEYER). – München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1979.

SCHMIDT-KALER, H. (1981): Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 6834 Berching. – 72 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1981.

SCHMIDT-KALER, H. & TREIBS, W. (1970): Exkursionsführer zur Geologischen Übersichtskarte des Rieses 1:100 000. – 68 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1970.

SCHMIDT-KALER, H. & ZEISS, A. (1973): Die Juragliederung in Süddeutschland. – Geologica Bavarica, **67:** 155–161, München 1973.

SCHNITTMANN, F. X. (1955): Die Steinbrüche im Malm des Vilstales bei Amberg und seiner weiteren Umgebung. – Acta Albertina Ratisbonensia, **21:** 27–62, Regensburg 1953–1955.

SCHNITTMANN, F. X. (1958): Die Steinbrüche im Malm des Vilstales bei Amberg und seiner weiteren Umgebung (Teil 2). – Acta Albertina Ratisbonensia, **22:** 86–115, Regensburg 1956–1958.

SCHNITZER, W. A. (1965): Geologie des Weißen Jura auf den Blättern Kipfenberg und Gaimersheim (Südliche Frankenalb). – Erlanger geol. Abh., **57,** 45 S., Erlangen 1965.

SCHRÖDER, G. (1965): Die Zusammensetzung triassischer und jurassischer Dolomite in Franken und Württemberg. – Geol. Blätter NO-Bayern, **15:** 57–60, Erlangen 1965.

SCHUSTER, M. (1921): Der „unterfränkische oder Würzburger Muschelkalk". (Quaderkalk. Trigonoduskalk.). – Bayer. Industrie- u. Handelszeitung 1921, Nr. 23, Geologisches Beiblatt für Bayern, 2 S., 1921.

SCHWARZMEIER, J. (1978): Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr., 6023 Karlstadt und Blatt Nr. 6124 Remlingen. – 155 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1978.

SCHWARZMEIER, J. (1979): Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 6124 Marktheidenfeld. – 174 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1979.

SCHWARZMEIER, J. (1982): Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 5927 Schweinfurt. – 139 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1982.

SCHWERTSCHLAGER, J. (1908): Ueber die Materialien, welche die Römer in ihren Ansiedlungen bei Eichstädt verwendeten. – Sammelbl. Histor. Ver. Eichstätt, **22,** 1907: 1–60, Eichstätt 1908.

SIEBERT, A. (1953): Der Stein als Gestalter der Kulturlandschaft im Maindreieck. – Hannover 1953.

SITZMANN, K. (1934): Heimische Marmorbildnerei in alter Zeit. – Der Siebenstern, **8:** 2–8, 50–55, 1934.

SITZMANN, K. (1936): Heimische Marmorbildnerei in alter Zeit. – Der Siebenstern, **10:** 83–90, 1936.

STREIM, W. (1960): Geologie der Umgebung von Beilngries (Südliche Frankenalb). – Erlanger geol. Abh., **36,** 15 S., Erlangen 1960.

STREIM, W. (1961): Stratigraphie, Fazies und Lagerungsverhältnisse des Malms bei Dietfurt und Hemau (Südliche Frankenalb). – Erlanger geol. Abh., **38,** 49 S., Erlangen 1961.

STREIT, R. (1978): Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 7232 Burgheim Nord. – 222 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1978.

TREIBS, W. (1964): Jura. – In: Bayerisches Geologisches Landesamt: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:500 000, 2. Aufl.: 121–141, München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1964.

TREIBS, W., GOETZE, F. & MEYER, R.K.F. (1977): Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 6435 Pommelsbrunn. – 127 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1977.

ULLMANN, H. (1919): Das Kalkplattendach im Altmühlgebiet. – Bayer. Heimatschutz, **17:** 157–180, München 1919.

VIOHL, G. (1961): Die Herkunft und Bedeutung des Wortes „Kramenzelkalk". – Geol. Bl. NO-Bayern, **11:** 111–115, Erlangen 1961.

WEBER, K. (1978): Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 7137 Abensberg. – 386 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1978.

ZEISS, A. (1964): Geologie des Malm auf Gradabteilungsblatt Dollnstein (Südliche Frankenalb). – Erlanger geol. Abh., **55,** 43 S., Erlangen 1964.

Alpine Sandsteine und Konglomerate

(Ulrich Lagally & Walter Stephan)

In den bayerischen Alpen, vor allem in der kalkalpinen Zone, weisen Karbonatgesteine ein deutliches Übergewicht gegenüber gröberklastischen Sedimenten auf. In Trias und Jura vereinzelt, ab der höheren Unterkreide zunehmend, treten jedoch verschiedenartige Sandsteine, stellenweise auch Konglomerate auf, die vorwiegend karbonatisches Bindemittel führen.

Im Lauf der Zeit sind fast alle Sandsteine und Konglomerate des alpinen Raumes auf ihre Nutzbarkeit hin getestet worden. Lag früher wegen der leichten Bearbeitbarkeit eine Verwendung als Bau- und Werkstein nahe, so änderte sich mit dem Aufkommen von Abbau- und Transportmaschinen der Einsatzbereich; von wenigen Ausnahmen abgesehen, dienen die heute noch gebrochenen Sandsteine und Konglomerate als Schüttmaterial im Straßen- und Eisenbahnbau.

Sandsteine der kalkalpinen Zone

Alpiner Buntsandstein, Sandsteine der Werfener Schichten (600)

Mehrere Schichtglieder der unteren Trias sind im Gegensatz zu den meisten übrigen Schichten der alpinen Trias psammitisch, z.T. sogar als Konglomerate ausgebildet. Zumindest der im Skyth abgelagerte Buntsandstein ist als eine festländische Bildung mit Ähnlichkeit zum germanischen Buntsandstein zu sehen. In die Abfolge aus roten, quarzitischen Konglomeraten, splittrigen Quarziten und Quarzsandsteinen, die deutlich gebankt ist, schalten sich nach oben hin zunehmend graue, grüne und rote Tonschiefer ein. Die Gesamtserie kann bis zu 300 m Mächtigkeit erreichen.

Im bayerischen Alpenanteil sind Buntsandsteinvorkommen auf wenige Stellen beschränkt und meist an Überschiebungsstrukturen gebunden. Sie finden sich bei Hindelang – Hinterstein, Lenggries, Tegernsee und Bad Reichenhall. Aufgrund ihrer Lage und geringen Dimensionen ist ein wirtschaftlicher Abbau derzeit nicht möglich.

Annähernd gleich alt mit dem Buntsandstein sind die flach-marinen Werfener Schichten, die im Berchtesgadener Land stellenweise aufgeschlossen sind. Eine weite Verbreitung haben sie in den angrenzenden Teilen von Tirol und Salzburg. Die Serie ist im allgemeinen feinerkörnig als der Buntsandstein und bildet eine glimmerreiche, feinsandig bis tonig-schiefrige, z.T. auch karbonatische Abfolge, in der jedoch Einschaltungen von Sandsteinen und Konglomeraten nicht fehlen.

Die Hauptvorkommen der bis ca. 500 m mächtigen Werfener Schichten liegen im Bereich Ramsau – Königsee – Berchtesgaden – Markt Schellenberg; dort wurde im Tal der Berchtesgadener Ache in drei Brüchen ein gelblicher, sehr dichter, bis zu 6 m mächtiger Quarzsandstein abgebaut, der sich als feuerfest erwies, so daß er zum Ofenbau der Sudpfannen in Berchtesgaden verwendet wurde. Daneben eignete er sich auch für die Kugelmühlen der Schellenberger Gegend.

Roßfeld-Schichten

Erst in der Kreide kam es im kalkalpinen Faziesraum wieder zur Ausbildung von Sandsteinen und Konglomeraten, die sich für Bauzwecke eignen und daher abgebaut wurden.

Auf den Bereich des Roßfeldes bei Berchtesgaden und nördlich Markt Schellenberg sind die Roßfeldschichten beschränkt, die eine bunte Abfolge von karbonatisch-kieseligen und sandig-konglomeratischen Sedimenten darstellen. Diese im Neokom abgelagerte Serie ist überwiegend grünlichgrau, unregelmäßig gebankt und bunt zusammengesetzt; sie kann eine Mächtigkeit von 200–300 m erreichen. Die z. T. recht feinkörnigen Sandsteine bestehen überwiegend aus Quarz und Kalkspat, daneben finden sich Glimmer und Erzminerale. Die Rohdichte schwankt zwischen 2,64 und 2,69 g/cm^3, die Druckfestigkeit beträgt ca. 175 N/mm^2; die Wasseraufnahmefähigkeit liegt im Mittel bei 0,97 Gew.-%.

Das Gestein wurde früher in einem Steinbruch an der Roßfeldstraße abgebaut und als Baustein verwendet.

Cenomansandsteine

Im Verlauf der Cenoman-Transgression wurde eine bunte Wechselfolge von Mergeln, Schiefertonen, Pflanzenhäcksel-führenden Sandsteinen und mächtigen, groben Konglomeraten und Brekzien abgelagert. Stellenweise kam es in der kalkalpinen Randzone zur Bildung von harten, schlecht sortierten Sandsteinen des Cenomans, die aufgrund ihrer Ausbildung, vor allem durch ihren hohen Glimmergehalt, dem altersgleichen Reiselsberger Sandstein der Flyschzone sehr ähnlich sind. Vorkommen derartiger Sandsteine sind in den langgestreckten, ostwest-verlaufenden Zügen von Cenoman-Sedimenten zwischen Hindelang und Ruhpolding auf wenige Stellen beschränkt. Westlich von Brannenburg bei Aich wurden sie früher in einem Steinbruch als Bausteine gewonnen.

Sandsteine der Flysch-Zone

Die Sedimentserie der ostalpinen Flysch-Zone, deren Alter von der höheren Unterkreide bis ins Untereozän reicht, ist gekennzeichnet durch eintönige Schichtfolgen großer Mächtigkeit mit oft zyklischer Wechsellagerung, charakteristisch sedimentären Gefügemerkmalen und einem Detritus, der auf eine gewisse Landnähe des Sedimentationsbeckens hinweist. Die bedeutendsten Sandsteinablagerungen treten in der mittleren Kreide auf, jedoch finden sich geringermächtige Partien auch in anderen Teilen der Flyschserie.

Sandsteine der Unterkreide

Von Vorarlberg bis nach Oberbayern hinein ist die im Barrême bis Apt abgelagerte „Tristel-Serie" verbreitet. In diese vorwiegend kalkige Abfolge, die im Regelfall 100 m bis 150 m Mächtigkeit erreicht, sind stellenweise Lagen eines tief dunkelgrauen, knolligen Kalksandsteines eingeschaltet, welche im Wechsel zu

schiefrigen-kalkigen Bänken stehen. Die bis 1 m mächtigen Sandsteinlagen bestehen aus ca. 47% feinstkristallinem Karbonat, 23% toniger Matrix, 25% Quarzkörnern, 2% Glaukonit, 1% Glimmer und ca. 2% Pyrit, Limonit und Schwermineralen.

Nordöstlich des Weißensees in der Füssener Bucht wurde früher ein Kalksandstein gebrochen, der vermutlich ein Schichtglied der Tristel-Serie repräsentiert. Er lieferte in der Mitte des 19. Jh. Bausteine für den lokalen Bedarf. Die ehemaligen Abbaustellen sind heute nicht mehr sichtbar.

In der höheren Unterkreide kam es vor allem im südlichen Teil des Flyschbeckens, daneben auch in geringerer Mächtigkeit in den nördlichen Teilen, zur Ablagerung der „Quarzit-Serie". Diese im Allgäu und in Oberbayern auftretende Serie erreicht Mächtigkeiten zwischen 30 m und 150 m und weist, vor allem im unteren Teil, mächtige dunkle Schiefertoneinschaltungen auf.

Im allgemeinen setzt sich der gröberklastische Anteil der Quarzit-Serie aus dunkelgrauen bis grünlichgrauen Sandsteinen zusammen, die dickbankig (über 1 m) ausgebildet sind. Diese harten, glaukonitführenden Gesteine sind oft sehr feinkörnig, fast dicht, glasig glänzend und zerbrechen stückig unregelmäßig. Neben kieseligem Bindemittel (über 75% Gesamtquarzgehalt) treten auch kalkig gebundene Quarzsandsteine (ca. 50% Karbonat) auf. Untergeordnet finden sich kristallinreiche Konglomerat- und Brekzienbänke.

Trotz der verheißungsvollen Bezeichnung Quarzit-Serie ist ihre wirtschaftliche Nutzung unbedeutend geblieben, vermutlich wegen des lokal sehr begrenzten Auftretens mächtigerer Abfolgen. Lediglich in zwei kleinen Brüchen in der Nähe des Forggensees ist das Gestein gebrochen und zu Bau- und Pflastersteinen verwendet worden.

Reiselsberger Sandstein (610)

Nach dem Vorkommen am Reiselsberg bei Trauchgau wird der „Hauptflysch-Sandstein" (auch „Oberzollbrücker Sandstein" nach der Lokalität westlich von Sonthofen) seit 1861 Reiselsberger Sandstein genannt. Dieser im Obercenoman bis Turon abgelagerte Sandstein ist vor allem im nördlichen Teil der Flysch-Zone in den westlichen und mittleren, aber auch in den östlichen bayerischen Alpen verbreitet und kann über 300 m Mächtigkeit erreichen. Er bildet viele Haupterhebungen der Flyschberge. Nach Süden zu, besonders im Allgäuer Raum, nimmt er bis auf wenige Meter ab oder verschwindet gänzlich.

Gesteinsausbildung und Eigenschaften: Im frischen Zustand ist der Reiselsberger Sandstein ein bläulich-grauer, angewittert ein bräunlicher Sandstein, der eine deutliche Bankung im Meterbereich aufweist. Dieser harte, glimmerreiche fein- bis grobkörnige Psammit tritt in einer Serie von feinkörnigen Sandsteinen, Siltkalken, splittrigen, dichten Kalken und fossilfreien Schiefertonen und -mergeln auf. Neben einer harten Varietät mit karbonatischem Bindemittel findet sich auch ein leicht verwitternder Mürbsandstein mit tonig-glimmerreichem Bindemittel. Bezeichnend ist seine bunte Zusammensetzung aus

verschiedenen Mineral- und Gesteinsbruchstücken, die ihm neben seiner unebenen, rauhen Oberfläche ein unverkennbares Aussehen verleihen. Im Mittel enthält der Reiselsberger Sandstein 20–60% Gesteinsbruchstücke, wobei in gröberen Sorten oft kristalline Fragmente überwiegen, und 25–50% Mineralkomponenten (15–30% Quarz, 5–15% Glimmer, 4–8% Feldspat). Glaukonit und kohlige Einschlüsse können reichlich vertreten sein.

Der Oberzollbrücker Sandstein als kalkig gebundener Quarzsandstein hat folgende mineralogische Zusammensetzung: Karbonate: 22–29%; Quarz: 34–42%; Feldspäte 1–3%; Tonminerale: 12–17%; Glimmer: 10–11%.

Zuweilen ist eine feinkonglomeratische oder brekziöse Ausbildung festzustellen, die neben den charakteristischen Gefügemerkmalen Hinweise auf Herkunft, Transport und Ablagerungsmilieu der Sedimente gibt.

Gewinnung und Verwendung: Der Reiselsberger Sandstein stellt den am weitesten verbreiteten und am häufigsten genutzten Sandstein der Flysch-Zone dar. Als leicht zu bearbeitender Naturwerkstein wurde er früher an zahlreichen Stellen gebrochen und vorwiegend als Baustein verwendet; besonders feinkörnige Varietäten sind zu Schleif- und Mühlsteinen verarbeitet worden. Ehemalige bedeutende Abbaustellen liegen an der Oberzollbrücke bei Sonthofen, am Hopfensee, bei Rohbogen am Tegernsee sowie in Elbach im Leizachtal. Derzeit ist nur noch ein Bruch bei Gschwend im Leizachtal in Betrieb; die dort gewonnenen Steine eignen sich zur Flußverbauung, feineres, hartes Material findet Verwendung als Straßenschotter.

Sandsteine der höheren Oberkreide

In der höheren Oberkreide wurden im Flyschtrog verschiedentlich Sandsteine von nicht unerheblicher Mächtigkeit abgelagert, die jedoch in wirtschaftlicher Hinsicht nur eine untergeordnete Rolle spielten.

In der „Hällritzer Serie", die in der gesamten Flysch-Zone am Alpennordrand vorkommt und in Oberbayern bis zu 300 m Mächtigkeit erreicht, finden sich neben Kalken und Zementmergeln kalkig gebundene, glimmerreiche, meist glaukonitische Quarzsandsteine. Die bis zu 3 m dicken Bänke zeigen rhythmisches Korngefüge und werden nach Süden zunehmend von Zementmergellagen abgelöst.

In der Mitte des 19. Jh. wurden im Halblechtal bei Buching mehrere Steinbrüche in der Hällritzer Serie angelegt. Die gewonnenen kalkig gebundenen Quarzsandsteine fanden Verwendung als Bau- und Pflastersteine.

Als „Högler Sandstein" ist ein plattiger bis dickbankiger Sandstein des Oberkreide-Flysch bei Ulrichshögl südwestlich von Freilassing im 19. Jh. abgebaut worden. Die in ihrer Härte sehr unterschiedlichen, mit Mergelkalken wechsellagernden Flyschsandsteine wurden zur Herstellung von Gehsteigplatten, Türstöcken, Säulen sowie als Bau- und Werkstein verwendet. Heute sind die Steinbrüche aufgelassen und verwachsen.

Sandsteine des Alttertiärs (611)

Auf die zur Flysch-Zone gehörende Feuerstätter Decke, die im Allgäu ihre größte Verbreitung hat, beschränkt sich das Auftreten des „Feuerstätter Sandsteines", der nach neueren Arbeiten ins Alttertiär zu stellen ist. Die Mächtigkeit dieses tektonisch äußerst stark beanspruchten Gesteins, dessen Kontakt zu den Nebengesteinen fast ausschließlich tektonischer Natur sein dürfte, schwankt zwischen 8 m und 50 m; stellenweise ist es völlig unterdrückt.

Gesteinsausbildung und Eigenschaften: Der Feuerstätter Sandstein ist ein hellgrüner bis graugrüner, auch flaschengrüner, in angewittertem Zustand rosa bis hellgrauer, überwiegend fein- bis mittelkörniger Quarzsandstein. Lagenweise kann er auch grobsandig bis konglomeratisch ausgebildet sein. Er ist meist dicht, sehr hart und insgesamt recht gleichmäßig, sein Bruch ist splittrig bis scharfkantig, die Bruchflächen haben zuckerigen bis fettigen Glanz. Das Gestein besteht zu über 70% aus Quarz, daneben aus Glaukonit, Feldspat, Gesteinsbruchstücken und karbonatisch-toniger, z.T. auch rein kieseliger Matrix. Gradierte Schichtung, feine Parallelschichtung sowie gelegentlich auch Schrägschichtung sind zu beobachten. An der Basis gradierter Bänke treten stellenweise ca. 1 m mächtige grobsandige Konglomerate mit Quarz-, Gneis-, Granit- und Quarzsandsteingeröllen auf. Aufgrund seiner Härte und seines dichten Gefüges ist das Gestein überwiegend frostbeständig.

Gewinnung und Verwendung: Die Vorkommen des Feuerstätter Sandsteines liegen vorwiegend im Oberallgäu in meist schlecht zugänglichen Gebieten, wo er eine durchschnittliche Mächtigkeit von 25–30 m erreicht. In bemerkenswertem Umfang wird er derzeit nur in einem Steinbruch östlich von Balderschwang als Schüttmaterial für den Straßen- und Wegebau gewonnen. Gelegentlich finden größere Blöcke als Wasserbausteine Verwendung.

Stand 2000

Sandsteine der Helvetikum- und Ultrahelvetikum-Zone

So wie die anderen tektonischen Baueinheiten der bayerischen Alpen wurde auch die Schichtenfolge des Helvetikums während der alpinen Orogenese von ihrer älteren Unterlage tektonisch abgeschert. Die ältesten in Bayern aufgeschlossenen Serien des Helvetikums bestehen aus tonig-mergelig-kalkigen Absätzen der Unteren Kreide. Später kam es neben kalkigen und tonigen Sedimenten auch zur Bildung von Sandsteinen, die jedoch selten eine Mächtigkeit von 50 m übersteigen.

Brisisandstein (620)

Auf den Bereich der Allgäuer Alpen ist das Auftreten des Brisisandsteines begrenzt, der im Oberen Oberapt abgelagert wurde. Während er in der Ostschweiz und in Vorarlberg bedeutende Mächtigkeiten erreicht, entwickelte er sich auf bayerischem Gebiet aus den „Gamser Schichten" durch Quarzzunahme in 30 bis maximal 80 m mächtige Lagen, die stellenweise Felswände und Schrofen bilden. Die wichtigsten Vorkommen liegen in der helvetischen Zone zwischen dem Hohen Ifen und Nesselwang.

Gesteinsausbildung und Eigenschaften: Der grünliche, rötlichbraun verwitternde Quarzsandstein fällt wegen seiner Farbe und des quarzitartigen Splittes inmitten einer überwiegend mergelig-kalkigen Abfolge leicht auf. Er ist meist massig bis dickbankig, fein- bis mittelkörnig, sehr hart und stark geklüftet. Die Quarz-, Glaukonit- und Chloritkomponenten sind vorwiegend kalkig gebunden, es läßt sich aber auch eine Korn-zu-Korn-Bindung durch Drucklösung der Quarzkörner beobachten.

Der Glaukonitgehalt nimmt zum Hangenden hin zu, während der Quarzgehalt bei gleichzeitiger Kornvergrößerung abnimmt. Im Durchschnitt enthalten die unteren Partien 83–92% Quarz, 5–17% Chlorit und 0,5–2,5% Calcit. In den höheren Partien, wie z.B. am Grünten, geht der Quarzanteil auf ca. 65% zurück, während Calcit auf 30% und Glaukonit auf 3,8% zunehmen. Die Druckfestigkeit senkrecht zur Schichtung schwankt zwischen 126 und 165 N/mm^2; parallel zur Bankung erreicht sie ähnliche Werte. Die hohe Druckfestigkeit und Härte sind u.a. bedingt durch den hohen Quarzgehalt und die starke Kornbindung. Das frostbeständige Material ist in hohem Maße resistent gegen Abrieb, weist jedoch in bezug auf die Schlagzertrümmerung nur mittlere Güte auf.

Gewinnung und Verwendung: Die Gewinnung von Brisisandstein beschränkt sich auf den Bereich um den Grünten. Während früher einige Steinbrüche zwischen Wertach und Sonthofen betrieben wurden, steht heute nur noch das Vorkommen „An der Schanz" nördlich von Burgberg in Abbau. Das Material läßt sich je nach Abbau- und Verarbeitungsart zu einem scharfkantigen oder ausgeprägt kubischen Straßen- und Gleisschotter sowie zu Splitt und Brechsand verarbeiten. Daneben findet es Verwendung bei der Fluß- und Wildbachverbauung. Wegen der starken Zerklüftung ist es als Werkstein nicht geeignet.

Quarz-Glaukonit-Kalksandstein des „Gault" (621)

In der helvetischen Mittelkreide abgelagerte, wechselhaft ausgebildete „Grünsandsteine", die sich aufgrund ihrer Farbe sowie gesteinstechnischer und mineralogischer Besonderheiten vom Brisisandstein (s.o.) unterscheiden, sind seit langem südlich von Murnau als sog. „Glaukoquarzit" gewonnen worden. Die max. 50–60 m mächtigen Sandsteine treten vor allem im Allgäu an zahlreichen Stellen sowie am Alpennordrand bei Murnau und am Schliersee auf. Von wirtschaftlicher Bedeutung sind heute nur noch die Vorkommen im Loisachtal, wo eine Sonderentwicklung eine Veränderung der Gesteinseigenschaften bewirkt hat.

Gesteinsausbildung und Eigenschaften: Die dunkel- bis schwarzgrauen, zum Teil mittelgrauen, je nach Glaukonitgehalt auch grünlich gefärbten Quarzsandsteine sind überwiegend sehr hart, deutlich lagig aufgebaut und zeigen fließende Übergänge zum Schrattenkalk. (Nr. 410). Die teils sehr feinkörnigen, teils mittelkörnigen Gesteine haben vorwiegend splittrigen Bruch; sie weisen einen stark wechselnden Mineralbestand auf, dessen Hauptgemengteile Quarz (12–60%), Calcit (30–70%), Glaukonit (3–10%) und Pyrit (1–2,5%) ausmachen. Tonminerale können stellenweise bemerkenswerte Anteile einnehmen, wodurch die Gesamteigenschaften des Gesteins verändert werden. Die Quarz- und Glaukonitkörner sind in einem dichten Gefüge aus feinkristallinem Calcit

eingelagert; die Festigkeit dieses Kornverbandes ist in den Vorkommen im Loisachtal (sog. Köchel im Murnauer Moos) besonders stark ausgebildet. Die Rohdichte des „Glaukoquarzites" schwankt je nach Calcit- und Tonmineralanteil zwischen 2,58 und 2,68 g/cm^3, die Druckfestigkeit zwischen 146 und 260 N/mm^2. Die Wasseraufnahme unter Atmosphärendruck liegt zwischen 0,9 und 1,8 Gew.-%. Das Material ist damit mit Ausnahme tonreicher Partien frostbeständig und erreicht die von der Deutschen Bundesbahn gestellten Qualitätsanforderungen für Gleisschotter.

Gewinnung und Verwendung: Dank ihrer hervorragenden Eigenschaften sind quarz- und glaukonitführende Kalksandsteine des Gault seit langer Zeit als Hartgestein sehr geschätzt. In der Mitte des 19. Jh. wurden in den Brüchen im Murnauer Moos vor allem Pflastersteine für München gehauen, daneben auch Mauer- und Mühlsteine. Weitere Gewinnungsstellen lagen bei Oberstdorf und am Schwaiger Hügel westlich des Schliersees.

Heute stehen nur noch 3 Brüche am Moosberg Köchel und Langer Köchel südlich von Murnau und am Grünten in Betrieb. Das gebrochene Material wird zu Bahn- und Straßenschotter sowie Splitt verarbeitet, grobe Blöcke dienen als Wasserbausteine. Wegen des z.T. beachtlichen Pyritgehaltes eignet es sich nicht als Betonzuschlag. Stellenweise muß selektiver Abbau betrieben werden, um tonreiche Partien auszuhalten.

Schotter aus „Glaukoquarzit" werden in großen Teilen Südbayerns bei Gleiserneuerungen der DB, beim U-Bahn-, S-Bahn- und Straßenbahnbau in München etc. verwendet. Aufgrund der beschränkt verfügbaren Rohstoffe (wenige Vorkommen, Konfliktsituationen mit Naturschutz etc.) ist jedoch die Existenz der Betriebe langfristig nicht gesichert. Alternative Lagerstätten mit ausreichenden Vorräten stehen in aus wirtschaftlicher Sicht akzeptabler Entfernung nicht zur Verfügung.

Stand 2000

Grünsandsteine der Oberkreide (622)

Glaukonitführende Quarzsandsteine mit teilweise kalkigem Bindemittel treten im helvetischen Faziesraum wiederholt auch in der Oberkreide auf. Diese meist geringmächtigen Abfolgen (max. 40 m) sind in ihrer flächenmäßigen Verbreitung auf eng begrenzte lokale Vorkommen beschränkt. Obwohl stellenweise – wie im Gault – Sonderentwicklungen wie wechselnde Mineralinhalte und Verfestigungen festzustellen sind, erreichten diese Vorkommen nie größere wirtschaftliche Bedeutung. In bezug auf ihre Rohdichte kommen die Gesteine der anderer Quarzsandsteine mit 2,6 g/cm^3 gleich, stehen in ihrer Druckfestigkeit mit ca. 165 N/mm^2 aber z.B. dem „Glaukoquarzit" deutlich nach.

Von gewisser Bedeutung im oberbayerischen Raum zwischen Isar und Loisach war der „Stallauer Grünsandstein" (altersmäßig in etwa dem „Burgberg-Grünsandstein" bei Sonthofen entsprechend), der in mehreren Brüchen bei Bad Heilbrunn noch Anfang dieses Jahrhunderts gebrochen wurde. Der dunkelgrüne bis intensiv hellgrüne Sandstein ist sehr feinkörnig, weist nahezu keine Schichtung auf und erreicht eine Mächtigkeit von 30 m. Er wurde vorwiegend zu Schleifsteinen verarbeitet.

Im Oberallgäu waren in einigen Brüchen, die längst aufgegeben und verwachsen sind, meist dünne Lagen von unterschiedlichen glaukonitischen Kalksandsteinen Ziel begrenzter Abbauaktivitäten. Neben dem bereits genannten Burgberg-Grünsandstein handelt es sich dabei um grau bis grünlich gefärbte, glaukonitführende Quarzsandsteine, die kalkig gebunden sind („Wang-Grünsandstein", „Oberstdorfer Grünsandstein").

Sandsteine des Paleozän und Eozän

Im Alttertiär kam es im helvetischen Trog zur Ausbildung mehrerer Sandstein-Horizonte, die zwar stratigraphisch unterschiedlichen Niveaus angehören, stellenweise jedoch in unmittelbarer Nachbarschaft auftreten. Die Gesteine weisen oft ähnliche Charakteristika auf (z.B. Nummuliten-führend), lassen sich jedoch aufgrund ihrer wechselnden Quarz- und Kalkgehalte in Sandsteine und Kalke (oder sog. „Marmore") unterscheiden. Die meist nur wenige 10er-m-mächtigen Lagen finden sich vereinzelt in schmalen Streifen von Helvetikum entlang des Alpennordrandes. Gewisse Bedeutung und wirtschaftliche Nutzung erreichten sie bei Neubeuern und im sog. Tölzer Helvetikum bei Bad Heilbrunn. Heute liegen sämtliche Brüche still.

Im Nordteil des Neubeurer Schloßberges wurde vor allem im 19. Jh. ein Grünsandstein des Paleozäns („Schmalflöz-Schichten") abgebaut, der sich als Schleif- und Wetzstein eignete. Dabei handelt es sich um einen feinen, gleichkörnigen, glaukonitführenden Kalksandstein, der bis zu 25 m mächtig wird. Außer im Bruch in der Wolfsschlucht wurde er stellenweise auch unter Tage gewonnen; dort wurde auch ein „Nummilitengrünsand" angetroffen, der zwar nur kleine Bruchsteine, aber von ausgezeichnet feinem Korn lieferte. Auch im Helvetikum bei Bad Heilbrunn wurden diese Gründsandsteine gelegentlich verwendet.

Die eozänen „Alveolinen-Schichten" setzen sich vorwiegend aus bräunlichen, mittelkörnigen bis konglomeratischen, eisenschüssigen Mürbsandsteinen und gelblichen, fein- bis mittelkörnigen, teilweise sehr harten und zäh ausgebildeten Sandsteinen (sog. „Alveolinenquarzit") zusammen. Sie sind ebenfalls in der Wolfsschlucht und am Gasteig am Neubeurer Schloßberg, daneben auch an der Kumpfmühle bei Teisendorf abgebaut worden. Die geringmächtigen Sandsteine, die auch im Tölzer Helvetikum auftreten, lieferten vorwiegend Material für architektonische Zwecke.

Nummuliten-Sandstein des Eozän (623)

Aus den im Eozän abgelagerten Nummulitenkalken (Nr. 412) entwickelte sich stellenweise durch Zunahme der Sandfraktion der Nummulitensandstein (auch „Fruchtstein", „Haberkörnl-Sandstein", „Neubeurer Sandstein"). Diese Sonderentwicklung der dem Roterz des Kressenberg zeitlich entsprechenden Abfolge ist auf den Bereich Neubeuern und untergeordnet des Tölzer Helvetikums begrenzt.

Gesteinsausbildung und Eigenschaften: Im allgemeinen handelt es sich bei den Nummuliten-Sandsteinen um dunkelrote bis rötlichbraune,

selten grünliche, limonitführende Kalksandsteine. Sie verwittern bräunlich und können durch Auslaugung der Erzkomponenten löcherig werden. Die hellen Gehäuse der Nummuliten heben sich deutlich von der Grundmasse ab und erwecken auf Bruchflächen das Aussehen von Getreidekörnern (daher die Bezeichnung Fruchtstein oder Haberkörnl-Sandstein).

Gewinnung und Verwendung: Wie am Kressenberg, so wurde auch in der Neubeurer Gegend versucht, die Nummuliten-Sandsteine zur Eisengewinnung abzubauen. Aufgrund der Erzarmut, die auch im Tölzer Raum anhält, erwiesen sich derartige Vorhaben jedoch bald als unwirtschaftlich und wurden eingestellt. Einer um so größeren Beliebtheit erfreuten sich die Sandsteine aber als Bausteine. Die wichtigsten Brüche lagen im Südwest-Teil des Neubeurer Schloßberges, wo Hau- und Bruchsteine für Pflasterungen und den Wasserbau, Portale und Türschwellen etc. gewonnen wurden. Sie fanden nicht nur Verwendung in der näheren Umgebung, sondern wurden auch in München (Brückenbau, Mariahilf-Kirche), Rosenheim, Mühldorf, Kiefersfelden und andernorts als Baustein eingesetzt.

Im Bereich von Enzenau trat der Nummuliten-Sandstein als Baustein vergleichsweise in den Hintergrund; das Hauptinteresse des Abbaues galt dort der kalkreichen Varietät, dem Enzenauer Marmor (Nr. 412).

Heller Mühlsandstein des Eozän (624)

Auch in den Schwarzerz-Schichten des Eozän findet sich östlich von Neubeuern als Sonderentwicklung ein grobklastisches Schichtglied, das früher im Handel als „Neubeurer Mühlsandstein" sehr geschätzt war. Aus den nur mehrere 10er-Meter mächtigen Sandsteinen sind bei Hinterhör vom Ende des 15. Jh. bis 1860 Mühlsteine gebrochen worden, die auf Flößen innabwärts transportiert wurden.

Das gelb- bis mittelgraue, seltener rötliche Gestein ist mittel- bis grobkörnig, stellenweise auch konglomeratisch ausgebildet. Seine Einzelkomponenten sind häufig nur kantengerundet, durch kalkiges Bindemittel verbacken und schlecht sortiert. Es verwittert bräunlich und weist gelegentlich mürbe Lagen auf; im allgemeinen ist es aber sehr zäh und hart.

Sandsteine und Konglomerate der subalpinen Molasse-Zone

Ab der Wende Eozän/Oligozän wurden im nördlichen Vorland des sich hebenden Alpenorogens mächtige Sedimentserien, die vorwiegend Abtragungsprodukte des alpinen Hinterlandes darstellen, im sich stetig absenkenden Molassetrog abgelagert. Die Sedimentation, die aufgrund des mehrmaligen Vordringens und Zurückweichens des Meeres besonders im südwestbayerischen Raum eine starke Differenzierung in unterschiedliche Faziesbereiche erfuhr, dauerte mindestens bis in das Obermiozän an. In dieser Zeit wurde der südliche Teil des Beckens von der alpidischen Tektonik miterfaßt und zu einer Reihe von langgestreckten, ost-west-verlaufenden Mulden, die teilweise übereinander gescho-

ben sind, gefaltet. Das hier zu behandelnde Verbreitungsgebiet dieser „Faltenmolasse" nimmt vom Allgäu, wo es im Bereich der Iller mit ca. 15–20 km seine größte Breite erreicht, nach Osten zu stetig ab und setzt vom Bereich südlich des Chiemsees nach Osten hin ganz aus. Die nutzbaren Gesteine der nach Norden anschließenden Vorlandmolasse werden an anderer Stelle abgehandelt (Kap. Kiese und Sande).

Charakteristisch für die Gesteine der Faltenmolasse ist ihre sehr wechselhafte Ausbildung. Nicht nur die Korngröße, auch die stoffliche Zusammensetzung kann sich in horizontaler wie vertikaler Richtung auf engstem Raum verändern. Die hier beschriebenen Eigenschaften beziehen sich im allgemeinen auf die vorherrschende Gesteinsausbildung.

Kalksandsteine der Deutenhausener Schichten

In der vorwiegend marinen Abfolge der Deutenhausener Schichten, die im Westen der subalpinen Molasse (Allgäu, westliches Oberbayern) vorherrschen und dort eine Mächtigkeit bis zu 800 m erreichen können, finden sich neben Tonmergeln auch Sandsteine, die stellenweise genutzt wurden. Diese im unteren Teil der Unteren Meeresmolasse (Lattorf, Rupel) abgelagerten Psammite streichen am Südflügel der südlichsten Muldenstrukturen in Form von Bänken und linsenförmigen Körpern aus und treten morphologisch deutlich als Geländerücken in Erscheinung.

Die grauen, feinkörnigen Sandsteine fallen durch ihre aufgrund der Einschwemmung von Pflanzenhäcksel hervorgerufene Bänderung und wulstige Schichtflächen auf. Das reichlich glimmerführende, sehr harte Gestein ist ausgesprochen plattig (wenige cm) bis dickbankig (bis 3 m) ausgebildet, die Kornbindung ist vorwiegend kalzitisch. Der Gesamtgehalt an Karbonat schwankt zwischen 20 und 60%, wobei eine Zunahme nach oben festzustellen ist. Gelegentlich schalten sich Konglomeratbänke ein, die Einzelgerölle bis 10 cm Durchmesser führen und Mächtigkeiten bis 10 m erreichen.

Die Deutenhausener Schichten sind am Südflügel der Murnauer und Steinberg-Mulde aufgeschlossen; besonders im Bereich zwischen Lech und Ammer wurden sie früher wirtschaftlich genutzt. Die bekanntesten Brüche lagen am Lech bei Dietringen, wo sie bis zum Aufstau des Forggensees in Betrieb standen, weiter östlich am Halblech sowie bei Altenau an der Ammer. Sie lieferten ausgezeichnete Bausteine (z.B. Platten) und Werksteine, daneben auch Schottermaterial. Die heute stilliegenden Gewinnungsstellen hatten jedoch nur lokale Bedeutung.

Sandsteine der Baustein-Schichten (630)

Als höchstes Schichtglied der Unteren Meeresmolasse wurden im Rupel/Chatt die Baustein-Schichten abgelagert, die im Allgäu und westlichen Oberbayern im Bereich der südlichen Muldenzüge weit verbreitet sind, nach Osten zu jedoch im Bereich des Tegernsees rasch an Bedeutung verlieren und südlich des Chiemsees nur noch als schmales Band aufgeschlossen sind.

Die in brackisch-mariner Fazies ausgebildeten Sedimente sind teils feinklastisch, teils konglomeratisch und bilden daher markante Geländestufen und

Höhenzüge. Die Mächtigkeit der oft steilstehenden Serie schwankt zwischen 20 m und 240 m. Aufgrund ihrer Eignung und Nutzung als Baustein wurde auch der stratigraphische Begriff „Baustein-Schichten" für dieses Schichtglied eingeführt. Bezeichnungen wie „Echelsbacher Sandstein", „Steingadener Sandstein", „Kranzegg", „Grüntenstein" sind z.T. nur lokal gebräuchlich.

Gesteinsausbildung und Eigenschaften: In der Abfolge der Baustein-Schichten treten neben Sandsteinen auch Konglomerate und Mergel auf; als nutzbar erwiesen sich jedoch meist nur die hellen, bläulichgrauen, harten Kalksandsteine. Sie sind überwiegend feinkörnig, haben überdurchschnittlichen Kalkgehalt und zeichnen sich durch große Festigkeit aus (Druckfestigkeit 170–180 N/mm^2). Ihre Dichte schwankt zwischen 2,5 und 2,6 g/cm^3. Sie sind meist nur undeutlich geschichtet, zeigen aber auch Fein- und Schrägschichtung sowie Bankung im Meter-Bereich.

In der Mineralzusammensetzung überwiegen Karbonate (über 50%); der Quarzanteil beträgt meist nur etwa 20%, außerdem finden sich Feldspat und Tonminerale. An den Schichtflächen sind Glimmer angereichert, organisches Material (Pflanzenhäcksel, zuweilen Blattreste) tritt häufig auf. Das Gestein ist meist durch Calcit zementiert, quarzreiche Sandsteine kommen nur ausnahmsweise vor. Neben guten mechanischen Eigenschaften sind die oft ausgeprägte Verwitterungsresistenz und Frostbeständigkeit bemerkenswert.

Gewinnung und Verwendung: Die leichte Bearbeitbarkeit förderte frühzeitig die Verwendung als Bau- und Werkstein z.T. bereits für romanische Bauten am Alpennordrand. Besonders feinkörnige, harte und dünne Lagen wurden auch zu Wetzsteinen verarbeitet, mittel- bis grobkörnige zu Mühlsteinen.

Von der großen Zahl ehemals betriebener Brüche verdienen die bei Lechbruck, Steingaden, Echelsbach und am Ostende der Murnauer Mulde (Steinbruchleiten westlich von Kleinweil) gelegenen aufgrund ihrer ehemaligen Bedeutung besondere Erwähnung. Der „Steinbruch am Bierhäusl" an der Leitzach stand öfter im Mittelpunk stratigraphischer Diskussionen.

Derzeit sind noch zwei Abbaustellen am Nordhang des Grünten bei Rettenberg und Kranzegg in Betrieb. Die dort gebrochenen Sandsteine werden zu Wand- und Bodenplatten, Tür- und Fenstersimsen, für bildhauerische Zwecke sowie für den Straßenbau (z.B. Randsteine) weiterverarbeitet.

Stand 2000

Sandsteine der Unteren Süßwassermolasse und der tieferen Cyrenenschichten

Die Sandsteine der im älteren Chatt abgelagerten Schichten sind teils in fluviatiler („Weißach-Schichten"), teils in brackisch-mariner Fazies („Cyrenenschichten") ausgebildet und zwischen Allgäu und Chiemsee weit verbreitet. Sie befinden sich in Wechsellagerung mit Mergeln, nach Westen hin zunehmend auch mit Konglomeraten. Die Mächtigkeit der Sandsteinbänke beträgt meist 3–8 m, kann jedoch maximal 20 m erreichen. Dort, wo diese den Kalksandsteinen der Bausteinschichten in ihrer Ausbildung ähnlich sind, wurden sie zeitweise – auch gemeinsam – abgebaut und wie diese verwendet.

Bei den Sandsteinen handelt es sich vorwiegend um graue, feinkörnige, meist sehr feste Arenite, die kalzitisch gebunden sind. Ausnahmsweise finden sich auch Quarzsandsteine, die 60% Quarz, 29% Karbonat, daneben Feldspat und Glimmer führen.

Abbaustellen dieser Gesteine befanden sich bei Wertach, am Westerbuchberg und bei Bernau; dort wurden die Gesteine als Gestellsteine für die ehemalige Maximilianshütte gebrochen.

Hauptsächlich im Westteil der subalpinen Molasse-Zone sind die im jüngeren Chatt und Aquitan abgelagerten, meist über 1000 m mächtigen „Steigbach-" und „Kojen-Schichten" aufgeschlossen. Diese fluviatilen Serien stellen Wechselfolgen von Mergeln, Sandsteinen und weitverbreiteten Konglomeraten dar. Sie treten morphologisch deutlich in Erscheinung und bilden z.T. die höchsten Kämme der Allgäuer Molasseberge (Steineberg, Hochgrat etc.). Im Bereich östlich des Lech werden die grobklastischen Serien zunehmend durch brackische Sandsteine bedeutend geringerer Mächtigkeit vertreten, die in die Abfolge der Zwischenschichten, oberen Cyrenenschichten und Promberg-Schichten eingelagert sind.

In der Zusammensetzung dieser Sandsteine macht sich das stärkere Hervortreten kristalliner Liefergebiete bemerkbar. Die im Westen oft unsortierten, mittel- bis grobkörnigen, nach Osten zu feineren Sandsteine weisen Quarzanteile von ca. 30%, Feldspatgehalte von ca. 25% und Karbonate (20%) als Hauptgemengteile auf. Das Bindemittel ist vorwiegend kalzitisch, daneben auch mergelig. Besonders im Osten finden sich auch Karbonat-Sandsteine, deren Bindemittel höhere Tonanteile aufweist.

Einzelne Bänke der Steigbach- und Kojen-Schichten sowie der wegen ihrer bunten Zusammensetzung besonders auffallenden, ebenfalls in Chatt und Aquitan abgelagerten sog. „Granitischen Molasse" (Sandstein mit roten Feldspatkörnern) waren als Bausteine sehr begehrt, obwohl sie nicht sehr hart und nicht verwitterungsbeständig sind.

Brüche zur Gewinnung von Bausteinen, die vermutlich schon von den Römern genutzt wurden und auch später noch Werksteine für Steinmetzarbeiten lieferten, befanden sich südwestlich von Kempten bei Weinzharz z.T. bereits in den steilstehenden Schichten der Vorlandmolasse. Auch im Sulzer Steinbruch am Ostabhang des Hohenpeißenberg wurden zeitweise Karbonatsandsteine für Bauzwecke gewonnen. Konglomeratische Partien in diesen Serien werden stellenweise im Allgäu in sehr beschränktem Umfang als Wegschüttmaterial abgegraben.

Sandsteine und Konglomerate der Oberen Meeresmolasse und der Hauchenberg-Schichten (631)

Westlich der Iller im Bereich der subalpinen Molasse liegt das Hauptverbreitungsgebiet von Ablagerungen der Oberen Meeresmolasse, die dort einen durchgehenden, morphologisch auffälligen Höhenzug bilden (Hauchenberg, Stoffelberg). Die bis zu 500 m mächtige Abfolge setzt sich zusammen aus Konglomeraten, Sandsteinen, Sandmergeln und Mergeln, die im marinen Milieu

abgelagert wurden. Sie überlagert die ähnlich aufgebauten und daher hier gemeinsam abgehandelten Hauchenberg-Schichten, eine 200 m bis 300 m mächtige klastische Serie, die noch eine festländische Bildung darstellt. Morphologisch treten vor allem Konglomeratbänke als Höhenrücken in Erscheinung. Südwestlich von Kempten sind sie deutlich ausgeprägt, in den glazial stark überformten Gebieten zwischen Iller und Chiemsee finden sie sich selten.

Gesteinsausbildung und Eigenschaften: Die fein- bis grobkörnigen Sandsteine sind hell- bis dunkelgrün, in angewittertem Zustand oft gelblich. Sie führen reichlich Glimmer, z.T. auch Feldspat und zeichnen sich durch ihren oft deutlichen Glaukonitgehalt aus. Meist sind sie kalkig gebunden und reich an Fossilresten. Neben plattigen Varietäten finden sich auch besonders harte, grobkörnige Lagen, die geröllführend sind bzw. in Konglomerate übergehen. Wegen des oft nicht unbeträchtlichen Tongehaltes der Matrix sind die meisten Sandsteine und Konglomerate wenig verwitterungsresistent.

Gewinnung und Verwendung: Sandsteine und Konglomerate wurden im Raum Waltenhofen – Memhölz – Niedersonthofen – Diepolz seit langer Zeit abgebaut. Neben der Verwendung als Baustein eigneten sich Sande, vor allem aber wenig verfestigte Konglomerate als Schüttmaterial für den Wegebau. Eine Vielzahl ehemaliger Gewinnungsstellen findet sich zwischen dem Pfänder/Vorarlberg und Kempten, besonders westlich des Niedersonthofener Sees sowie weiter nach Osten am Auerberg und Hohenpeißenberg bis zum Südende des Starnberger Sees. Das am weitesten östlich gelegene, ehemals genützte Vorkommen von Gesteinen der Oberen Meeresmolasse liegt auf der Herreninsel im Chiemsee. Abgrabungsstellen von Bedeutung stehen zur Zeit nicht in Betrieb.

Literatur

Bögel, H. & Schmidt, K. (1976): Kleine Geologie der Ostalpen. – 231 S., Thun (Ott) 1976.

Doben, K. & Frank, H. (1984): Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 8333 Murnau. – 151 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1984.

Füchtbauer, H. (1967): Die Sandsteine der Molasse nördlich der Alpen. – Geol. Rdsch., **56**: 266–300, Stuttgart 1967.

Ganss, O. (1980): Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 8239 Aschau i. Chiemgau. – 184 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1980.

Gümbel, C.W.v. (1861): Geognostische Beschreibung des bayerischen Alpengebirges und seines Vorlandes. – 950 S., 6 Kten., 42 Prof.-Taf., Gotha (Justus Perthes) 1861.

Gümbel, C.W.v. (1894): Geologie von Bayern. Zweiter Band. Geologische Beschreibung von Bayern. – 1184 S., 1 Kte., Cassel (Theodor Fischer) 1894.

Höfle, H.-Ch. & Kuhnert, Ch. (1969): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000 Blatt Nr. 8331 Bayersoien. – 122 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1969.

Jerz, H. (1974): Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 8327 Buchenberg. – 181 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1974.

KUHNERT, CH. & OHM, R. (1974): Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 8330 Roßhaupten. – 102 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1974.

KUHNERT, CH. & ROHR, W.M. (1975): Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 8230 Lechbruck. – 99 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1975.

LUTYJ-LUTENKO, A. (1951): Bau und Strukturen der Lechtaldecke im Gebiet der Jachenau zwischen Walchensee und Isartal. – Geologica Bavarica, **8,** 63 S., 16 Abb., 1 Taf, 1 geol. Kte. 1:25 000, 1 Prof.-Tafel, München 1951.

PFLAUMANN, U. & STEPHAN, W. (1968): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000 Blatt Nr. 8237 Miesbach. – 415 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1968.

REIS, O.M. (1935): Die Gesteine der Münchner Bauten und Denkmäler. – Ges. bayer. Landeskde., **7–12,** XI+243 S., 41 Abb., München 1935.

SCHMIDT-THOME, P. (1964): Der Alpenraum. – In: Bayerisches Geologisches Landesamt: Erläuterungen zur geologischen Karte von Bayern 1:500 000, 2. Aufl: 244–296, München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1964.

SCHWERD, K. (1983): Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 8328 Nesselwang West. – 192 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1983.

SCHWERD, K., EBEL, R. & JERZ, H. (1983): Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 8427 Immenstadt i. Allgäu. – 258 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1983.

SCHWERD, K. & RISCH, H. (1983): Zur Stratigraphie und Herkunft der Feuerstätter Decke im Oberallgäu. – Jber. Mitt. Oberrhein. Geol. Ver., N.F. **65,** Stuttgart 1983.

STEPHAN, W. (1964): Molassebecken. – In: Bayerisches Geologisches Landesamt: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:500 000, 2. Aufl: 178–195, München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1964.

STEPHAN, W. & HESSE, R. (1966): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000 Blatt Nr. 8236 Tegernsee. – 304 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1966.

VOLLMAYR, TH. & ZIEGLER, J.H. (1976): Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 8425 Weiler i. Allgäu. – 76 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1976.

WOLFF, H. (1973): Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 8238 Neubeuern. – 352 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1973.

Außeralpine Sandsteine und Konglomerate

Permotriadische Arkosen

(ALBERT DOBNER)

Erzhäuser Arkosen

Am Nordostrand der Bodenwöhrer Bucht streicht längs der Pfahlrichtung ein wenig hundert Meter breiter Zug von grobkörnigen Arkosen aus. Diese der Permotrias zuzuordnenden Gesteine bestehen aus eckigen Feldspäten, Gangquarzen und kristallinen Gesteinsbruchstücken bis zu mehreren Zentimetern Größe in einer feinkörnigen roten Grundmasse. Die teilweise auch durch Kieselsäure (akzessorisch durch Flußspat) verfestigten Komponenten sind unter den Namen „Erzhäuser Arkosen" oder „Pingartner Porphyr" bekannt. Die unverfestigten Lagen wurden früher als Magerungsmittel in der Ziegelherstellung eingesetzt, heute werden in einem Bruch südlich Pingarten die härteren Partien gelegentlich zur Wegeschotterung abgebaut. Wegen der unregelmäßigen Ausbildung und geringen Ausdehnung besitzt dieser Gesteinszug als Lagerstätte nur minimale Bedeutung.

Sandsteine des Buntsandsteins

(ALBERT DOBNER)

Mit zu den auffälligsten Gesteinen Nordbayerns zählen die Sandsteine des Buntsandsteins. Ihr Hauptverbreitungsgebiet liegt in Unter- und Oberfranken. Das im Übergangsbereich von Land zum Flachmeer unter ariden Klimabedingungen entstandene Sedimentpaket erreicht in Unterfranken eine Mächtigkeit von 500–650 m. In Oberfranken nimmt die Mächtigkeit von Nordwesten nach Südosten ab und liegt bei Kemnath um 300 m.

Als prägendes Element der Kulturlandschaft Frankens spiegelt sich in einer Vielzahl von sakralen und profanen Bauten die ehemals große Bedeutung des Buntsandsteins als Bau- und Naturwerkstein wider.

Von den früher zahlreichen Abbauen sind heute nur noch wenige in Betrieb. Von der überwiegend sandig ausgebildeten Sedimentabfolge des Buntsandsteins sind nur noch die härteren Sandsteinpartien aus der Unteren und Oberen Abteilung von wirtschaftlichem Interesse.

Heigenbrückener Sandstein (700)

Der nach seiner Typuslokalität am Bahnhof Heigenbrücken als Heigenbrückener Sandstein bezeichnete Sandstein ist dem Unteren Buntsandstein zuzurechnen und wird im Liegenden vom Bröckelschiefer, im Hangenden vom Eckschen Geröllsandstein begrenzt. Seine Mächtigkeiten schwanken zwischen 25 m und

40 m. Das Hauptverbreitungsgebiet reicht vom Rand des kristallinen Vorspessarts bis in den Hochspessart. Am Spessartanstieg von Westen her verursacht er die erste charakteristische Steilstufe über dem Bröckelschiefer.

Gesteinsausbildung und Eigenschaften: Der Sandstein variiert in den Farben von weiß über gelblich und blaßrot bis rotbraun. Örtlich können auch rotgeflammte Varietäten auftreten. Ganz allgemein läßt sich eine zunehmende Rotfärbung gegen das Hangende feststellen. Die Teils horizontal, teils kreuz- und schräggeschichteten Sandsteine (Schichtkörper bis 2 m) sind überwiegend feinkörnig, selten mittelkörnig und nach Korngrößen gut sortiert, wobei der mittlere Korndurchmesser bei ca. 0,2 mm liegt. Häufig sind die geringfügig gröberen oder weniger stark gebundenen Schichten heller und verleihen dem Gestein das typische Aussehen. Neben dem Quarz, mit etwa 80%, sind die Feldspäte (überwiegend Kalifeldspäte) mit ca. 16% am Gesteinsaufbau beteiligt. Das Bindemittel ist in der Regel tonig-ferritisch, untergeordnet auch kieselig und gibt dem Gestein die Festigkeit.

Das Gestein ist dickbankig (0,5–2,5 m) ausgebildet, auf den Schichtflächen treten häufig Glimmerbeläge oder Tonhäutchen auf, dagegen sind mächtigere Tonzwischenlagen nur untergeordnet zu beobachten.

Im Meterbereich wechseln mürbe und harte Banklagen.

Die als Naturwerkstein gebrochenen Sandsteine schwanken in ihrer Druckfestigkeit von 28 bis 85 N/mm^2, die Mittelwerte liegen um 75 N/mm^2 senkrecht zur Schichtung und um 60 N/mm^2 parallel zur Schichtung. Die Rohdichte bewegt sich um Werte bei 2,20 g/cm^3. Die Wasseraufnahme unter Atmosphärendruck erreicht im allgemeinen knapp über 4 Gew.-%.

Gewinnung und Verwendung: Verwendung fand dieses Gestein seit Jahrhunderten als Baustein, in erster Linie in Mittel- und Südwestdeutschland (z.B. Aschaffenburger Schloß). Seine leichte Bearbeitbarkeit machte es u.a. zu einem begehrten Material für Steinmetzarbeiten.

Von den vielen früher in Abbau stehenden Brüchen ist derzeit keiner mehr in Betrieb. Es besteht jedoch durchaus die Möglichkeit, daß bei entsprechender Nachfrage an der einen oder anderen Stelle der Bruchbetrieb wieder aufgenommen werden kann.

Früher wurden Brüche unter anderem betrieben bei Schöllkrippen, Huckelheim, Wiesen, Frammersbach, Neuhütten, Rottenberg und Gailbach, wovon der bekannteste Bruch am Bahnhof Heigenbrücken liegt.

Miltenberger Sandstein (701)

Der Begriff „Miltenberger Sandstein" stammt aus der älteren geologischen Literatur und bezieht sich auf den feinkörnigen Sandstein, der im Maintal bei Miltenberg abgebaut wird. Er setzt über dem Eckschen Geröllsandstein ein und reicht bis zu der mit Tonsteinen durchsetzten sog. Miltenberger Wechselfolge. Nach der neuen einheitlichen Gliederung des Buntsandsteins, die sich überwiegend an der Beckenfazies orientiert, sind dem Miltenberger Sandstein der Dickbanksand-

stein der Gelnhausen-Folge und der Basissandstein der Salmünster-Folge zuzuordnen. Die Abgrenzung gegen das Hangende bildet nach dieser Gliederung der Tonlagensandstein der Salmünster-Folge, welcher der Miltenberger Wechselfolge entspricht. Der Miltenberger Sandstein wird heute in den Unteren Buntsandstein gestellt.

Der Miltenberger Sandstein erreicht eine Mächtigkeit von 100–110 m, davon entfallen etwa 75–85 m auf den Dickbanksandstein, ca. 15–25 m auf den Basissandstein.

Gesteinsausbildung und Eigenschaften: Die Gesteinsabfolge setzt sich überwiegend aus fein- bis mittelkörnigen Sandsteinen zusammen. An der Basis und gegen das Hangende erscheinen häufiger feinkörnige Schichten, die nur schwach verfestigt sind. Ähnlich dem Heigenbrückener Sandstein sind die Gesteine rötlich bis braunrot gefärbt und mit hellen Streifen durchsetzt, die sich hauptsächlich an der Schichtung orientieren. Die wechselnde Horizontal-, Kreuz- und Schrägschichtung verursacht demnach die typische Zeichnung. Die Korngröße schwankt in der Regel zwischen 0,1 und 0,4 mm, wobei in diesem Bereich der Quarzkornanteil überwiegt. Partienweise treten auch größere Quarzkörner und vor allem größere Feldspatkörner auf. Auffällig ist die örtlich in Nestern angereicherte braun-schwarze Mangantüpfelung und die lagenweise vorkommende löcherige Struktur, die auf herausgewitterte Karbonatlinsen zurückzuführen ist (Pseudomorphosensandstein). Auch Tongallen treten lagenweise und bevorzugt in den höheren Schichten auf. Das Bindemittel ist hauptsächlich tonig-ferritisch, in gröberen Partien auch kieselig. Die Bankungsflächen sind gekennzeichnet durch eingeregelte Glimmerblättchen oder dünne Tonsteinlagen, wobei Tonsteinlagen über 40 cm die Ausnahme darstellen.

Bevorzugt als Naturwerkstein werden die gleichmäßig harten, feinkörnigen, unterschiedlich gezeichneten, dickbankigen Partien gebrochen. Die Druckfestigkeit dieser Gesteine liegt im Mittel bei ca. 77 N/mm^2 senkrecht zur Schichtung und bei ca. 71 N/mm^2 parallel zur Schichtung. Die Schwankungsbreite dieser Werte liegt zwischen 50 N/mm^2 und 120 N/mm^2, dabei sind Sandsteine mit Druckfestigkeiten zwischen 100 N/mm^2 und 120 N/mm^2 Druckfestigkeit die Ausnahme. Die Biegezugfestigkeit beträgt etwa 5 N/mm^2. Das Gestein ist infolge seiner dichten Struktur und einer Wasseraufnahme von ca. 4 Gew.-% bei einem spez. Gewicht von 2,25–2,30 g/cm^3 frostbeständig, allerdings nicht tausalzbeständig.

Gewinnung und Verwendung: Das Gestein wird verarbeitet als Fassadenverkleidung, Boden- und Wegeplatten, Bossensteine, Tür- und Kaminumrahmungen. Daneben dient dieses Material für die verschiedensten Steinmetzarbeiten und kommt auch unterschiedlich bearbeitet (gesägt, gespitzt, gestockt, gebeilt, scharriert, bossiert und gekrönelt) in den Handel.

Infolge der Verwendung dieses Gesteins bei vielen historischen Bauten (z.B. Dome zu Limburg und Mainz, Schloß Aschaffenburg; Römer, Naturhistorisches Museum und Dom in Frankfurt) spielt es auch als Restaurierungsgestein eine wichtige Rolle. Die vornehmlich schichtgebundenen Farbunterschiede erzielen je nach Anschnitt unterschiedliche Effekte. „Gegen das Lager" (senkrecht zur Schichtung) geschnitten zeigt das Gestein ein mehr streifiges, „mit dem Lager"

(parallel zur Schichtung) ein eher marmoriertes und geflammtes Aussehen. Die Herstellung von Säuretrögen und Säuresteinen, früher ein Standardprodukt, ist heute ohne Bedeutung.

Die geologische Bezeichnung dieses Sandsteins wurde auch als Handelsname „Miltenberger Sandstein" übernommen. Daneben sind die Handelsnamen „Bürgstädter Sandstein", „Roter Mainsandstein" und „Dorfprozeltener Sandstein" gebräuchlich.

Durch die zunehmende Verknappung der quartären Kies- und Sandlagerstätten durch konkurrierende Flächennutzung rückt auch die Herstellung von gebrochenem Gestein, z.B. als Straßenbaustoff, in das Blickfeld wirtschaftlicher Interessen. Die für den Einsatz in der Bauindustrie geforderten Materialeigenschaften sind allerdings mit großem technischen Aufwand verbunden und der Anfall an unbrauchbarem Gestein ist groß.

Der Abbau beschränkt sich derzeit auf das Maintal zwischen Dorfprozelten und Miltenberg und liegt bei ca. 1000 m^3/a als Naturwerkstein. Die Gewinnung gebrochenen Materials, welche versuchsweise begonnen wurde, dürfte diese Menge um ein Vielfaches übertreffen.

V o r k o m m e n : Das Hauptverbreitungsgebiet des Miltenberger Sandsteins befindet sich im Hochspessart und bei Mömmlingen. Südlich davon wird dieses Gestein vom Maintal zwischen Faulbach und Miltenberg auf einer Länge von mehreren Kilometern angeschnitten. Der im Maintal durch die günstigen Abbau- und Transportbedingungen (Schiff und Bahn) historisch gewachsene Bruchbetrieb stellt auch heute noch den Mittelpunkt der Gewinnung dar. Von Faulbach über Stadtprozelten und Bürgstadt bis Miltenberg schneidet der Fluß immer tiefere Schichten des Profils an. In mehreren Brüchen (z.T. bis 50 m Abbauhöhe) sind hier ca. 80 m des Profils aufgeschlossen. Im nördlichen Verbreitungsgebiet kam es nur örtlich (z. B. bei Mömmlingen) zu bedeutenderem Abbau, der heute ruht. Die von Süden nach Norden fortschreitende Aufspaltung dieses Gesteinskomplexes in Platten und dünne Bänke, sowie die Zunahme der Tonzwischenlagen verwischen nach Norden die typische Ausbildung des Miltenberger Sandsteins. Der Heigenbrückener und der Miltenberger Sandstein sind im Raum zwischen Spessart und Rhön durch das Auskeilen des ECKschen Geröllsandsteins nicht mehr voneinander zu trennen.

Stand 2000

Sandsteine der Volpriehausen-, Detfurth- und Hardegsenfolge

Die Sandsteine des Hauptbuntsandsteins, welcher nach neuerer Gliederung die Volpriehausen-, Detfurth- und Hardegsenfolge mit bis zu 200 m Mächtigkeit umfaßt, hatten auch in historischer Zeit nur untergeordnete wirtschaftliche Bedeutung. Die an der Basis der einzelnen Folgen auftretenden Geröll- und Grobsandsteine keilen seitlich rasch aus, besitzen unregelmäßige Einschaltungen von Tonsteinlagen und sind in Schichtung, Bindung und Körnung sehr wechselhaft ausgebildet, so daß sie nur als Schottersteine und Bausteine Verwendung fanden.

Der 10–40 m mächtige Felssandstein im oberen Bereich der Hardegsenfolge wurde kaum in Steinbrüchen gewonnen. Der mittel- bis grobkörnige quarzitisch verfestigte Sandstein wurde aufgrund seiner Härte als „Werkzeugfresser" bekannt. Man beschränkte sich auf die Bearbeitung der Brocken und Blöcke, die als Verwitterungsrelikte die Felsen- und Blockschutthalden bilden. Heute haben diese Gesteine keinerlei wirtschaftliche Bedeutung mehr.

Sandsteine der Sollingfolge

Die Sandsteine der Sollingfolge unterlagen hauptsächlich in Oberfranken einem weitverbreiteten Abbau. Die von Thüringen herüberziehenden mächtigen Sandsteine nehmen in Unterfranken nach Süden rasch an Mächtigkeit ab und erreichen im südlichen Spessart nur noch wenige Meter. Zusammen mit dem Sollingsandstein (auch Solling-Bausandstein) erfuhr der Thüringische Chirotheriensandstein (auch Unterer Chirotheriensandstein, Kronacher Bausandstein, Karneol-Bausandstein oder Grenzkarneolhorizont genannt) im Raum Coburg, Kronach und Kulmbach einen zeitweise regen Abbau. Beide Sandsteinpakete, die häufig durch tonige Zwischenschichten getrennt sind, erreichen zusammen eine Mächtigkeit bis über 25 m.

Die dickbankig (1–3 m) selten plattig ausgebildeten Sandsteine zeigen helle gelbliche, graue und rötliche Farben. Bezeichnend sind die bis über 1 m mächtigen absandenden, weichen Sandsteinlagen. Die häufig durch Manganausscheidungen getüpfelten und von Karneolen und Drusen durchsetzten, mittel- und grobkörnigen Sandsteine haben ihre Bedeutung als Bau- und Naturwerkstein heute verloren, obwohl sie früher in zahllosen Brüchen gewonnen wurden, wovon zahlreiche historische Bauten Zeugnis geben (z. B. Schloß Herrenchiemsee, Sebalduskirche in Nürnberg, Niederwald-Denkmal bei Bingen). Den heutigen Anforderungen an Festigkeit und Gleichmäßigkeit sind diese Gesteine nicht mehr gewachsen. Bei einer Porosität von 15–30 Vol.% (Rohdichte ca. 1,8–2,1 g/cm^3) erreichen sie nur eine Druckfestigkeit von ca. 35–37 N/mm^2 (bei Kronach) oder ca. 29–32 N/mm^2 (bei Trebgast). Der rasche Wechsel von mürben und festen Lagen würde zudem den Abbau sehr behindern.

Plattensandstein (702)

Der „Plattensandstein" ist eine stratigraphische Einheit des Oberen Buntsandsteins, die sowohl in Oberfranken, als auch in Unterfranken von der Rhön bis nach Amorbach verbreitet ist. Nur ein Teil dieser Abfolge ist in dickbankiger Fazies ausgebildet und kann als Naturwerkstein verwendet werden. Im Gebiet seiner typischen bankigen Ausbildung im Raum Lohr – Marktheidenfeld, stellen die Chirotherienschiefer als Liegendes eine deutliche Grenze dar. Im Hangenden bildet der Grenzquarzit eine markante Abgrenzung gegen die Röttone. Die Mächtigkeit beträgt hier 25–30 m. Im Verbreitungsgebiet Thüngersheim-Gambach deutet sich bereits der Einfluß der Beckenfazies an. Im Vergleich zur Randfazies sind die tonigen Zwischenschichten deutlicher ausgeprägt und die Tonlagen unter dem Grenzquarzit nehmen größeren Raum ein. Noch weiter nach

Norden gegen das Beckeninnere, im Bereich der südlichen und östlichen Vorrhön, besteht die Plattensandsteinstufe vorwiegend aus blättrigen, z.T. sandigen Tonsteinen, denen nur einzelne Sandsteinbänke eingelagert sind. Steinbrüche in diesem Raum waren selten, weshalb in der Karte die Verbreitung nicht dargestellt wurde. Für den heutigen Abbau von Bedeutung sind die randnahen Faziesbereiche im Südwesten um Röllfeld, Großheubach, Miltenberg und Amorbach und südlich Marktheidenfeld bei Dietenhan (Baden-Württemberg) Wüstenzell und Holzkirchen. Hier nimmt nach Süden die Sandsteinbildung zu, die Hangendgrenze des Grenzquarzits wird undeutlicher und auch die Röttone werden von der Sandsteinbildung erfaßt, so daß eine fast geschlossene Sandsteinabfolge von 30 m Mächtigkeit vorliegt.

Gesteinsausbildung und Eigenschaften: Die Plattensandsteine bilden in typischer Werksteinausbildung mittel- bis dickbankige (Meterbereich) sehr feinkörnige Sandsteinlagen, die zur Basis hin auch mittelkörnig sein können. Ihre Farbe reicht von einer grauen Varietät über blaßrote und violette Farbtöne bis zum satten Braunrot. Auffallend sind im Raum südwestlich Amorbach kreisrunde graue Entfärbungshöfe im roten Sandstein, die mehrere Zentimeter Durchmesser erreichen. Kennzeichnend für die Plattensandsteine sind die gute Bankung und die starke Glimmerführung auf den Schichtflächen. Verglichen mit dem Miltenberger Sandstein tritt die Schräg- und Kreuzschichtung etwas in den Hintergrund.

Die Bindung der Körner ist in der Regel tonig-ferritisch, kann aber gegen das Liegende auch kieselig sein. Eine bevorzugte Einkieselung tritt auch in den Gesteinen südlich Marktheidenfeld auf. Eine weitständige Klüftung gestattet es, große Quader zu gewinnen. Qualitätsmindernd und für bestimmte Arbeiten störend wirken die zeitweise auftretenden Tongallen.

In ihren technischen Eigenschaften lassen sich die heute genutzten Sandsteine nach zwei Faziesbereichen unterscheiden. Die mehr tonig-ferritisch gebundenen Sandsteine aus der Gegend um Miltenberg-Amorbach erreichen eine durchschnittliche Druckfestigkeit von 50–85 N/mm^2, wobei die graue Varietät mehr im unteren, die rote Varietät mehr im oberen Bereich liegt. Die Biegezugfestigkeit liegt bei 6 N/mm^2 und die Rohdichte bei 2,1–2,2 g/cm^3. Bei einer Wasseraufnahme von ca. 5–6 Gew.-% sind die Sandsteine frostbeständig aber nicht tausalzbeständig.

Die mehr kieselig gebundenen Sandsteine südlich Marktheidenfeld erreichen Druckfestigkeiten von 80–100 N/mm^2, in Ausnahmefällen auch von 120 N/mm^2. Entsprechend hoch ist die Biegezugfestigkeit mit ca. 10 N/mm^2. Die Rohdichte liegt bei 2,3 g/cm^3. Die geringe Wasseraufnahme von nur 3–4 Gew.-% schlägt sich in der Frostbeständigkeit nieder. Dagegen sind auch diese Sandsteine nicht tausalzbeständig.

Gewinnung und Verwendung: Aufgrund ihrer leichten Bearbeitbarkeit finden diese Sandsteine hauptsächlich Verwendung für Steinmetzarbeiten, Fenster- und Türeinfassungen, Fassadenverkleidungen oder Restaurierungsarbeiten an historischen Gebäuden. Als Baustein kommt dieser Sandstein nur wenig zur Verwendung (Gartenmauern, Bossensteine). Die Herstellung von Säuretrögen und Schleifsteinen hat heute, im Gegensatz zu früher, keine Bedeutung mehr.

Das bevorzugte Abbaugebiet liegt derzeit südlich des Mains, überwiegend knapp außerhalb Bayerns bei Ebenheid und Dietenhan. Auf bayerischem Gebiet wird dieser Sandstein bei Holzkirchen, Wüstenzell und Remlingen gebrochen.

In den Handel kommt das Gestein als Roter Mainsandstein, oder mit einem den Bruchort bezeichnenden Beinamen z.B. „Ebenheid rot", „Ebenheid grau" oder „Dietenhan rot".

Die Abbaumenge kann mit wenigen tausend m^3/a angegeben werden (Bayern und Baden-Württemberg).

Stand 2000

Rötquarzit, Fränkischer (Oberer) Chirotherien-Sandstein, äquivalente Sandsteine der Röttonsteine (703)

Die über dem Plattensandstein einsetzenden, 60 m mächtigen Feinsedimente der Röttonsteine werden etwa in der Mitte durch eine Sandsteinlage getrennt. In Unterfranken wird dieser quarzitisch gebundene Sandstein, dessen Mächtigkeit von Norden nach Süden von wenigen Dezimetern bei Mellrichstadt bis 14 m bei Amorbach zunimmt, Rötquarzit genannt. Ein dickplattiger, widerstandsfähiger Sandstein von 6–8 m Mächtigkeit findet sich wieder im Raum um Coburg und Kronach, der ähnlich dem Rötquarzit inmitten der Röttonsteine lagert. Er wird dort als Fränkischer oder Oberer Chirotheriensandstein bezeichnet. Während der Rötquarzit wegen seiner ausnehmend hohen Härte bis jetzt nicht wirtschaftlich genutzt wurde, erlangte der Fränkische Chirotheriensandstein eine geringe Bedeutung als Bausandstein. Heute liegen die Brüche still.

Die im Norden Oberfrankens als Röttonsteine ausgebildeten Schichten gehen südöstlich Kronach bei Weißenbrunn bis Trebgast in quarzitische plattige Sandsteine über, die in Wechsellagerung mit mürben Sandsteinen, tonig-sandigen und tonigen Lagen auftreten. Sie bilden bei Weißenbrunn ca. 60 m, bei Kulmbach 70–80 m und bei Trebgast 40–50 m mächtige Schichtkomplexe. Die infolge ihres Schichtaufbaus auch als „Plattensandstein" bezeichneten Gesteine sind fein- bis mittelkörnig und variieren in der Farbe von rot über gelb bis weiß. Aufgrund ihrer unregelmäßigen Lagerung und ihrer nur mäßigen qualitativen Eigenschaft ist ihr Abbau zum Erliegen gekommen.

Stand 2000

Sandsteine des Buntsandsteins südlich und südöstlich Bayreuth

Mit Annäherung an den Rand des Sedimentationsraumes erfahren die Sedimente gegen Südosten eine allgemeine Vergröberung. Die Äquivalente des Oberen Buntsandsteins erreichen nur selten die Qualität der Bausteine zwischen Kulmbach und Coburg. Brauchbare Sandsteine werden immer seltener. Die nach Süden häufig auftretenden kieseligen Bildungen (Karneole, Hornsteine und Kieselsandsteinplatten) fanden früher in der Gegend um Weidenberg für Schotterungszwecke Verwendung.

Sandsteine des Keupers

(HERMANN WEINIG)

Werksandstein des Unteren Keupers (710)

Im Mittelabschnitt des in der Regel etwa 40 bis über 50 m mächtigen Unteren Keupers tritt mit dem Werksandstein ein in weiten Teilen Frankens ausgebildetes Schichtglied auf. Allerdings wechseln Schichtaufbau und Mächtigkeit der Sandsteine in starkem Maße, so daß bei weitem nicht entlang des gesamten Ausstriches Werksandsteine im technischen Sinne anstehen.

Neben dünnbankiger und plattig-schiefriger Ausbildung tritt der Werksandstein auch in Bankstärken bis zu 3 und 4 m auf. Allein Vorkommen dieser Dickbanklagen kommen für die Gewinnung und Weiterverarbeitung in Betracht.

Massig-dickbankige Ausbildung ist im allgemeinen an sogenannte Flutfazies gebunden, das sind sandsteinerfüllte Rinnen, die sich durch besonders hohe Mächtigkeit (bis über 10 m) auszeichnen. Dagegen tritt der Werksandstein der Normalausbildung in Mächtigkeiten von teils nur wenigen Metern auf und kann bei zurücktretenden Dickbänken von schluffig-tonigen Lagen durchsetzt sein, bisweilen sogar ganz fehlen.

Der Werksandstein des Unteren Keupers streicht im weiten Vorland der Keuperlandstufe (Haßberge – Steigerwald – Frankenhöhe) aus und ist an vielen Stellen der sanftwelligen Gäufläche verbreitet. Er tritt dort als härteres Gestein, das von weichen Liegend- und Hangendsedimenten umgeben ist, morphologisch hervor und bildet meist flache Höhenrücken, Kuppen, Talschultern und Hangkanten. Trotzdem ist die Unterscheidung von werksteinführender Flutfazies und der aus gewinnungs- und gesteinstechnischer Sicht unbrauchbaren Normalfazies ohne spezielle Untersuchung nicht mit Sicherheit durchzuführen, da Sandsteinstränge der Rinnenfazies in unregelmäßiger Weise mit der allgemein weiter verbreiteten Normalfazies abwechseln. Zieht man zusätzlich die Unterbrechung der Rinnenfüllungen durch die Täler, wechselnd mächtige Abraumschichten und tektonische Trennlinien in Betracht, ist die Verbreitung von verwendungsfähigen Werksteinvorkommen in der Regel nur punktförmig gegeben.

Wichtige Anhaltspunkte für das Auftreten gewinnbarer Werksteine bieten deshalb auch heute die im Verlauf von Jahrhunderten durch fortwährende Aufsuchung von Bausteinen entstandenen Gewinnungsstellen (s.u.). Diese sind in der Hauptsache auf Unterfranken beschränkt.

Gesteinsausbildung und Eigenschaften: Der Werksandstein ist gleichbleibend feinkörnig, in der Regel tonig und nur manchmal lagenweise quarzitisch oder auch karbonatisch (dolomitisch) gebunden. Hellglimmerschuppen sind häufig, jedoch so fein verteilt, daß sie den Gesteinshabitus nicht prägen. Die Farbe des Sandsteines wechselt vielfach. Vorherrschend sind Brauntöne (hell- bis kräftig braun, beigebraun, gelbbraun) jedoch nimmt der Sandstein häufig auch grünliche, seltener rötlichbraune oder blaß-violettstichige Färbung an. Neben jeweils unifarbenen Sandsteinen können auch geflammte, streifig oder wolkig verfärbte Gesteinspartien auftreten.

Die tonige Bindung ist häufig für die Weichheit des Gesteins verantwortlich, dessen Druckfestigkeit nach den vorliegenden Daten zwischen 40 und 72 N/mm^2 liegt. Die Rohdichte beträgt 2,1–2,6 g/cm^3. Frostsicherheit auf längere Sicht war zumindest bei früher verbauten Sandsteinen nicht immer gegeben, wie die Absandung an allerdings 200–300 Jahre alten Bau- und Kunstwerken zeigt. Die heute in den Handel gelangenden Steine widerstanden jedoch der Prüfung auf Frostbeständigkeit.

Werksandstein läßt sich sehr gut bearbeiten, wobei er sich besonders für bildhauerische Feinarbeiten eignet.

Gewinnung und Verwendung: Der Werksandstein des fränkischen Raumes wurde seit Jahrhunderten gewonnen und neben dem regional angrenzenden Muschelkalk als Baustein verwendet. Noch heute ist das Bild vieler Dörfer und Städte zwischen Rothenburg und Bad Königshofen ganz oder teilweise vom Werksandstein geprägt. Neben seiner Verwendung zum Bau von Wohnhäusern, bäuerlichen Wirtschaftsgebäuden etc. wurde der wegen seiner guten Spaltbarkeit und Weichheit gut zu bearbeitende Stein mit Vorliebe auch im Bereich anspruchsvoller Architektur sowie im Steinmetz- und Bildhauerhandwerk verarbeitet. Als Beispiele seien die Würzburger Residenz, das Schloß von Werneck, die Jakobskirche in Rothenburg unter vielen anderen repräsentativen profanen und sakralen Bauten angeführt. Zahlreiche Bildhauerarbeiten, z.B. die Werke von Tillmann Riemenschneider und viele Skulpturen aus allen Kunstepochen, die für den fränkischen Raum charakteristischen Bildstöcke, aber auch schlichtere Gebrauchswerksteine oder Steinmetzarbeiten wie Tür- und Fenstereinfassungen, Treppen, Geländer, Säulen, Brunnen, Tränken, Torbogen, Grabsteine u.a. sind aus Werksandstein gearbeitet. Hervorzuheben ist auch seine Verarbeitung zu Schleifsteinen.

Die Zahl der früheren Gewinnungsstellen ging in die Hunderte. Da der Werksandstein im Bereich des landwirtschaftlich intensiv genutzten Gäubodens auftritt, wurden sehr viele Brüche eingeebnet. Die wichtigsten Abbaugebiete, die auch heute noch Hinweise auf Gebiete mächtigerer und guter Sandsteinvorkommen abgeben, seien hier aufgeführt:

Die um Würzburg konzentrierten Brüche (z.B. bei Waldbüttelbrunn, Hettstadt, Reichenberg, Estenfeld) verdanken ihre Anlage dem großen Baustoffbedarf der Stadt. Das Baumaterial der Würzburger Residenz wurde z.B. am Faulenberg östlich der Stadt gebrochen.

Im Bereich der Gäuebene zwischen Main und Tauber bestanden vor allem dort, wo mächtigere Sandsteinlagen vom Main-Tauber-Talsystem angeschnitten sind, zahlreiche Gewinnungsstellen, die dem örtlichen Baubedarf dienten. Als wichtigste seien die Brüche nördlich von Rothenburg, im Raum Uffenheim (besonders Groß-Harbach) oder die Gewinnungsstellen in der Umgebung von Ochsenfurt-Marktbreit angeführt.

Im Gebiet des Maindreiecks bestanden Gewinnungsstellen zwischen Kitzingen und Bibelried, vor allem aber zwischen dem Werntal und Schweinfurt, etwa bei Waigoldshausen oder im Gebiet Kronungen-Ebenhausen (erste urkundl. Erwähnung von Steinbrüchen 1349; von dort Bausteine des Rathauses von

Schweinfurt) – Vasbühl (industrielle Herstellung von „Schweinfurter Schleifsteinen" bis 1965) – Schleerieth.

Im Vorland von Steigerwald und Haßbergen waren Brüche auf Werksandstein zahlreich verbreitet. Bekannt wurde der „Brünnauer Sandstein" bei Neuses, ein braun verwitternder, dolomitisch gebundener Sandstein mit der Varietät „Bayerisch Blau".

Nördlich des Mains stellten die Gebiete östlich Münnerstadt (z.B. bei Wermerichshausen) sowie westlich bis nordwestlich von Königshofen neben vielen andere Gewinnungsstellen ehemalige Schwerpunkte der Sandsteingewinnung dar.

Heute sind lediglich noch zwei Gewinnungsstellen auf Werksandstein in Betrieb und zwar bei Gnodstadt (südlich Marktbreit) sowie bei Schleerieth (westlich Schweinfurt). Der „Gnodstädter Sandstein" ist ein großquadriger Stein mit warmem Braunton. Der „Schleeriether Sandstein" erinnert dagegen, obwohl stratigraphisch nicht vergleichbar, infolge seiner oft grünlichen Färbung und ähnlichen Beschaffenheit an den „Grünen Mainsandstein" aus dem Niveau des Schilfsandsteins, als der er in den Handel gelangt. Beide Brüche liefern je nach Bedarf Steine zur Ausbesserung historischer Bauten oder Steinmetz- und Bildhauermaterial für restaurative oder neue Arbeiten. Gesägte Platten werden vornehmlich als Verkleidungsmaterial im Innenbereich verwendet.

Benker Sandstein, Estheriensandstein

Diese beiden, durch tonige Zwischenschichten untergliederten Sandsteinfolgen, bilden die sandige Randfazies der tonigen Myophorien – bzw. Estherienschichten (vgl. Nr. 922). Der Benker Sandstein (Hauptverbreitung im gesamten Bereich des oberfränkisch-oberpfälzischen Bruchschollengebietes zwischen Haidenaab, Weißem Main und Jura-Ostrand und der Estheriensandstein (Hauptverbreitung im Raum Freihung – früher „Freihunger Sandstein" – sowie zwischen Barbaraberg und Parkstein) wurden überall dort, wo sie dickerbankige, festere, geschlossene Sandsteinfolgen bildeten, gebrochen und als Baustein verwendet. Besonders der Benker Sandstein, wurde weithin in etwa 40–50 Steinbrüchen u.a. bei der namengebenden Ortschaft Benk (nördlich Bayreuth) abgebaut. Da diese Sandsteine keine überörtliche Bedeutung erlangten und nie als Werksteine im heutigen Sinne verwendet wurden, kann auf ihre Beschreibung hier verzichtet werden. (Nähere Angaben s. bei BAYER. OBERBERGAMT, 1936).

Schilfsandstein (711)

Der Schilfsandstein führt seinen Namen nach den in ihm enthaltenen, von den Steinbrechern als „Schilf" angesehenen fossilen Pflanzenresten.

Der Ausstrich des Schilfsandsteins verrät sich im Anstieg der Keuper-Landstufe also vor allem am Westrand der Haßberge, des Steigerwaldes und der Frankenhöhe als verhältnismäßig harte Schicht innerhalb des weichen, tonigen Gipskeupers durch eine auffallende Geländestufe. Diese Stufe umläuft etwa auf halber Hanghöhe die vorspringenden Bergsporne oder Inselberge wie auch die

Buchten der stark zerlappten Keuperstufe ziemlich regelmäßig. Ebenso tritt Schilfsandstein in mehreren Talzügen im Inneren des Sandsteinkeupergebietes (z.B. Fränkische Rezat, Bibert oder Zenngrund) zutage. Von den grauen Ton- und Schluffsteinen der liegenden Estherienschichten und den roten Ton- und Schluffsteinen der Hangenden Lehrbergschichten ist die sandige Ausbildung des Schilfsandsteins fast immer gut zu trennen.

Der Schilfsandstein bezeichnet eine stratigraphische Einheit, die zwar in der Regel durch das Auftreten von Sandstein geprägt, jedoch einem recht häufigen Fazieswechsel unterworfen ist. So unterliegen Mächtigkeit und Schichtenfolge einem raschen Wechsel, häufig bereits über kürzere Entfernung hinweg. Zwischen extrem hohen Mächtigkeiten von über 40 m und völligem Auskeilen der Sandsteinlagen treten alle Übergänge auf. Bei „normal gelagertem Sandstein" (kurz „Normalfazies") liegt eine 5–20 m mächtige Wechselfolge von Sand- und Tonstein vor. Fehlender bankiger Sandstein wird dabei durch schiefrig-plattige Sandsteine oder Tonschichten vertreten. Wenn die Mächtigkeiten der Sandsteine über 20 m ansteigen, spricht man auch von „Schilfsandstein in Flutausbildung" (kurz „Flutfazies"). Die hohen Sandsteinmächtigkeiten gehen hierbei zu Lasten des Liegenden, da die Flutfazies nach Art von Rinnen diskordant in die tonigen Estherienschichten eingreift.

Für den Schilfsandstein läßt sich kein gegliedertes Schemaprofil angeben. Tonige und sandige Ausbildung folgen in unregelmäßiger Weise vertikal und lateral aufeinander. Die Fragen der Faziesverteilung und Schichtlagerung des Schilfsandsteins, etwa Existenz und Verlauf weithin geschlossener „Sandsteinstränge" der Flutfazies werden noch diskutiert. Emmert (1977 b) stellt die Merkmale der beiden Hauptfaziestypen in übersichtlicher Weise zusammen und diskutiert deren Entstehung und Verbreitung.

Aus praktischer Sicht ist bzw. war ausschließlich die kompakte, dickbankige Ausbildung des Schilfsandsteins von Interesse. Diese „Werksteinfazies" des Schilfsandsteins ist in überwiegendem Maß an die Ausbildung hoher Mächtigkeiten, also an die „Flutfazies" gebunden. Vor allem hier bildeten sich geschlossene Schüttungskörper, die sich zu teils mehrere Meter mächtigen, weitständig geklüfteten Sandsteinen verfestigten. Jedoch können auch in der „Normalfazies" dickbankige Sandsteinfolgen auftreten. Äußerlich dickbankiger Schilfsandstein kann jedoch intern feiner geschichtet vorliegen und dünnbankig oder plattig-schiefrig aufspalten.

Gesteinsausbildung und Eigenschaften: Der Schilfsandstein ist ein in der Regel tonig, in Mittelfranken auch tonig-dolomitisch gebundener Feinsandstein. Bemerkenswert ist die weithin gleichmäßig feine Körnung des Sandsteins (0,15 bis 0,22 mm). Gröberes Korn tritt lediglich am Rande des Keuperbeckens auf. So findet sich bereits wenig östlich von Ansbach, bei Lichtenau, mittel- bis grobkörniger, vereinzelt Quarzkies führender Schilfsandstein. Neben vorherrschendem Quarz, der unterschiedlichen Rundungsgrad aufweist, treten wenige Prozent Kalknatronfeldspäte sowie Kalifeldspäte auf, von denen ein Teil tonig zersetzt ist. Der Sandstein führt fast immer feine, überwiegend helle Glimmerschüppchen, die bisweilen auch lagig angereichert sind und zum Aufspalten des Steines führen können.

Die Farbe des Sandsteins ist sehr häufig durch einen zwar zarten, jedoch auffallenden Grünton geprägt, der teils ins Olivfarbene bis Bräunliche übergeht. Der „Grüne Mainsandstein" und seine farbähnlichen Varianten zeigen auch über größere Partien hinweg ein recht einheitliches Farbbild ohne auffallende Musterung. Streifige, fleckig-wolkige Farbnuancen treten selten auf. Rotfärbung (rötlich, violettrot, braunrot) des Sandsteins, teils streifig, fleckig oder geflammt, ist durch geringen Gehalt an Eisenoxiden verursacht und tritt vornehmlich im oberen Teil der Schilfsandsteinstufe auf.

Die Druckfestigkeiten ausgewählter, als Werkstein verwendeter Sandsteine, erreichen Werte bis über 50, ja sogar bis 70 N/mm^2, sind also vergleichsweise hoch. An dem etwas gröberen Lichtenauer Sandstein wurden dagegen nur 14–23 N/mm^2 gemessen.

Die Rohdichte beträgt in der Regel 2,22–2,24 g/cm^3.

Als Anhaltspunkt für die Wasseraufnahme diene der für den Gailnauer Schilfsandstein ermittelte Wert von 6,8–7,1 Gew.-%.

Insofern ist die Wetterbeständigkeit des Sandsteins sehr unterschiedlich zu bewerten. Neben alten Bauwerken, die noch keine Verwitterungsanzeichen aufweisen, tritt bei manchen Varianten bald Absandung oder sogar Abblätterung auf, die oft durch lagig auf latenten Schichtflächen angereicherte Glimmer verursacht wird. Der Schilfsandstein ist jedenfalls nur als bedingt wetterbeständig anzusehen. Entscheidend war und ist die sorgfältige Auswahl der verwendeten Steine. Die schlechte Spaltbarkeit des Sandsteins (Werksteins) spricht für verhältnismäßig isotrope Gefügemerkmale.

Zusammen mit seiner durch die tonige Bindung verursachten Weichheit und „Milde" läßt sich der Schilfsandstein als Werkstein leicht bearbeiten, eine Eigenschaft, die gerade für Feinskulpturen von Bedeutung ist.

Gewinnung und Verwendung: Der Schilfsandstein war ähnlich dem petrographisch und technisch vergleichbaren Werksandstein des Unteren Keupers ein geschätzter und vielfach verwendeter Bau- und Werkstein. In seinem gesamten Verbreitungsgebiet wurde er als Massivstein verbaut, wovon noch viele Bauwerke zeugen. So prägt der Sandstein überwiegend oder teilweise manchen alten Siedlungs- und Stadtkern am Fuß der Keuper-Landstufe wie z.B. in Zeil a. Main (hier rötlicher Sandstein) oder Rothenburg ob d. T.

Eine gewisse Sonderstellung nahm der etwas gröberkörnige „Lichtenauer Sandstein" ein, was auch durch die Verwendung dieses Steins teils weit über die Umgebung seines Verbreitungsgebietes hinaus, etwa in Regensburg, Landshut oder Kempten (jeweils zum Bau der Bahnhofsgebäude) unterstrichen wird. Östlich der Frankenalb erlangte die gröberkörnige Randfazies des Schilfsandsteins keine besondere praktische Bedeutung.

Daneben fand der Schilfsandstein mit Vorliebe in der Bildhauerkunst Verwendung. Zahlreiche figürliche Darstellungen u.a. des Barock und Rokoko wie auch Bildstöcke oder ornamentale Kunst und Steinmetzarbeiten sind aus Schilfsandstein gefertigt. Zu erwähnen ist ebenso die Herstellung von Schleifstei-

nen, etwa aus dem Stein von Obernesselbach oder Gailnau, die teils weithin geliefert wurden.

Die ehemaligen Gewinnungsstellen von Schilfsandstein sind sehr zahlreich. Ein großer Teil der Gewinnungsgebiete ist bei BAYERISCHES OBERBERGAMT (1936) aufgeführt. Auf ihre Wiederholung sei hier verzichtet. Heute wird Schilfsandstein nur noch an einer Stelle und zwar am Hermannsberg südlich von Sand a. Main abgebaut. Der typische „Grüne Mainsandstein" wird heute als Massivstein hauptsächlich zur Renovierung historischer Bausubstanz, als Plattenverkleidung heutiger Bauten vor allem im Innenbereich sowie zu Bildhauer- und Steinmetzarbeiten im Zuge von Renovierungsarbeiten aber auch zu Neuschöpfungen verwendet.

Die Möglichkeit zu vermehrter Gewinnung wäre vielfach gegeben. Eine Neuaufsuchung von Sandsteinvorkommen ist nicht erforderlich, da die alten Steinbrüche viele Ansatzpunkte zur Gewinnung guten Sandsteins bieten. Jedoch besteht infolge der heute geforderten hohen technischen Qualitätsansprüche an Werksteine bzw. seiner im Außenbereich nur bedingt möglichen Verwendung nur noch geringer Bedarf an Schilfsandstein, dessen jährlich abgebaute Menge mit anderen Keupersandsteinen nicht vergleichbar ist.

Stand 2000

Ansbacher Sandstein

Der Ansbacher Sandstein der tieferen Lehrbergschichten fand als dolomitisch gebundener, harter Sandstein örtliche Verwendung als Baustein und Straßenbaustoff. Seine Verbreitung und frühere Gewinnung beschränkt sich auf das westliche Mittelfranken des Ansbacher Raumes. Die geringe Mächtigkeit des Ansbacher Sandsteins (maximal 4 m) läßt trotz hinreichender technischer Eigenschaften seine Gewinnung heute nicht mehr zu.

Blasensandstein

Der Blasensandstein tritt als Dachfläche besonders der westlichen Tafelberge von Steigerwald und Frankenhöhe deutlich in Erscheinung und ist auch darüber hinaus weit verbreitet. Der nach Mächtigkeit, Korngröße und Bindemittel einem raschen Wechsel unterliegende Sandstein wächst von den im Maingebiet inmitten toniger Fazies einsetzenden Sandsteinlagen gegen Süden zu einer 30–40 m mächtigen von Tonen durchsetzten Sandsteinabfolge an, die den dort nicht abtrennbaren Coburger Sandstein (Nr. 712) als „Blasensandstein im weiteren Sinn" einschließt.

Blasensandsteine, als deren typisches Merkmal im verwitterten Anbruch herausgewitterte Mergelgerölle („Blasen") auftreten können, wurden überall dort, wo als nächst erreichbarer Baustein verfügbar, gebrochen und verbaut, bei fehlender Kornbindung häufig auch als Bausand verwendet (im einzelnen s. bei BAYERISCHES OBERBERGAMT 1936). Die Sandsteine dieser Abfolge genügen heutigen technischen Anforderungen nicht, weshalb ihr Abbau seit langem aufgegeben ist. Ihre Gewinnung als Sand wäre örtlich zu prüfen, dürfte aber noch größere Schwierigkeiten bereiten als entsprechende Versuche im Bereich des Burgsandsteins (vgl. Nr. 801).

Stand 2000

Coburger Sandstein (712)

Der Coburger Sandstein führt seinen Namen nach der Typlokalität bei Coburg, wo der Sandstein besonders mächtig entwickelt ist und auch in größerem Umfang abgebaut wurde. Er wird deshalb auch Coburger Bausandstein genannt. Nach seinem späteren Abbaurevier trägt er auch die Bezeichnung „Eltmanner Bausandstein". Als Handelsname ist zur Unterscheidung von anderen Sandsteinen des Maingebietes die Sammelbezeichnung „Weißer Mainsandstein" gebräuchlich. Als ältere stratigraphische Bezeichnungen fanden u.a. die Begriffe (Unterer) Semionotensandstein und Oberer Blasensandstein Verwendung.

Aus praktischer Sicht interessierte ausschließlich die bauwürdige Werksteinausbildung. Mit Vorkommen dieser Art ist neben dem Coburger Raum auch im Gebiet des mittleren und nördlichen Steigerwaldes und der südwestlichen Haßberge zu rechnen.

Überall dort, wo der Coburger Sandstein nicht mehr in typischer Werksteinausbildung, etwa in gröberer, randnaher Fazies (wie z.B. im südlichen Franken) vorkommt, wurde er mit dem liegenden Blasensandstein als „Blasensandstein im weiteren Sinn" zu einer Schichtenfolge zusammengefaßt. Seine Abtrennung in geologischen Kartierungen nach 1955 dürfte in diesen Gebieten aus der Sicht der Werksteingewinnung in der Regel ohne Bedeutung sein.

Der zwischen den Blasensandstein (s. dort) im Liegenden und den Burgsandstein (bzw. dessen toniger Heldburger Ausbildung) im Hangenden eingeschobene Coburger Sandstein besteht aus einer Wechselfolge von Sandsteinen und Tonen. Für diese Abfolge läßt sich aufgrund des starken faziellen Wechsels kein über weitere Bereiche gültiges Profilschema aufstellen. Für das derzeitige Abbaurevier nördlich des Maines zwischen Zeil und Ebelsbach erarbeitete v. FREYBERG (1965) ein Sedimentationsschema des Coburger Bausandsteins. Es zeigt sich, daß auch über kurze Entfernung hinweg, etwa zwischen dem Abbaurevier Zeil-Ziegelanger und dem von Ebelsbach kein einheitlicher Sedimentationsablauf stattfand. Die Tatsache, daß etwa das Profilschema von Ebelsbach eher mit dem 30 km entfernt liegenden Typprofil von Coburg, nicht aber mit dem unmittelbar anschließenden Zeiler Raum zu vergleichen ist, läßt auf die Zufälligkeit und Unregelmäßigkeit der Werkstein-Bankfolgen schließen.

Das insgesamt etwa 17 m mächtige Schichtpaket des Coburger Sandsteins besteht im Raum Zeil-Ebelsbach aus einer Abfolge von recht regelmäßig gelagerten, wechselnd tonigen, dünnbankigen, plattigen oder schiefrigen Sandsteinen und Tonen, denen in unterschiedlicher Höhenlage mächtigere dickbankige Sandsteine in diskordant eingefurchten Rinnen eingelagert sind. Allein in diesen Sandsteinrinnen treten technisch verwertbare Sandsteine auf. Die Ausdehnung der Rinnenquerschnitte kann mehrere 10 m bis zu mehreren 100 m betragen, teils sogar im km-Bereich liegen. In der Regel bietet sich – je nach der Ausdehnung des Steinbruches – das Bild von Sandsteindickbänken gleichbleibender Mächtigkeit. Mit dem An- und Abschwellen oder dem Auskeilen der Sandsteine oder einzelner Lagen muß aber gerechnet werden.

Die Rinnenmächtigkeiten können bis über 5 m betragen, wobei die Sandsteinfüllung in unterschiedlicher Weise in Bänke von etwa 1 m bis 3 m Stärke aufspaltet

oder als nahezu geschlossene, 4 bis 5 m mächtige Dickbank ausgebildet ist. Verbunden mit allgemein weitständiger Klüftung ist die Gewinnung besonders groß dimensionierter Rohblöcke möglich.

Gesteinsausbildung und Eigenschaften: Nicht alle Sandsteine der Rinnenfazies erreichen Werksteinqualität, jedoch überwiegt diese. Diese Werksandsteine sind in der Regel gleichbleibend feinkörnige Sandsteine (Korndurchmesser 0,2–0,3 mm) mit tonig-kieseliger Bindung. Neben überwiegendem, meist grauem Quarzkorn treten reichlich (20–30%) meist fleischfarben-rötliche bis weißliche Feldspäte auf. Schwache Durchstäubung mit feinem hellem, untergeordnet dunklem Glimmer ist regelmäßig vorhanden.

Die Farbe des Sandsteins ist beigefarben bis grauweißlich („Weisser Mainsandstein"). Die rötlichen Feldspäte führen zu feiner Sprenkelung bzw. verleihen dem Sandstein zart rötlichen Schimmer. Jedoch wirkt das Gestein auf einige Entfernung unifarben. Leichte Graustreifung oder zart wolkige Maserung kann gelegentlich durch leicht erhöhten Tongehalt auftreten.

Der Sandstein besitzt senkrecht zum Lager Druckfestigkeiten zwischen 40 und 80 N/mm^2, parallel zum Lager von 30 bis 53 N/mm^2 und gehört demnach zu den härteren Keupersandsteinen. Die Biegezugfestigkeit erreicht Werte bis zu 7 N/mm^2. Die Rohdichte beträgt 2,1 bis 2,3 g/cm^3, die Wasseraufnahme 12–15 Vol.%. Das Gestein ist fast immer frostbeständig, jedenfalls gelangen heute nur solche Qualitäten zur Verarbeitung.

Durch das feine Korn des Sandsteins sowie die weitgehend richtungslosen Gefügeeigenschaften läßt sich das Gestein gut bearbeiten.

Gewinnung und Verwendung: Die Gewinnung von Coburger Sandstein für Bauzwecke erfolgte in früheren Jahrzehnten ebenso wie die des Blasensandsteins überall dort, wo mächtigere Bänke härteren Sandsteins ausgebildet sind. Sie war nicht nur an die Ausbildung von „Bausandsteinen" des Typs Coburg bzw. Eltmann gebunden. Die zahlreichen, fast im gesamten Keupergebiet verstreuten Gewinnungsstellen, sind bei BAYERISCHES OBERBERGAMT (1936) aufgeführt.

Eine herausragende Bedeutung besaßen schon früher die feinerkörnigen Bausandsteine, die zuerst südlich Coburg z.B. bei Weißenbrunn (dort zwei Bausandsteinlagen, Unterbank 4–7 m, Oberbank 3,5 m) gebrochen und als besonders gute Bausteine geschätzt waren. Viele Bauten in Coburg und den umgebenden Dörfern bestehen aus diesem Sandstein.

In den 80er Jahren des 19. Jh. entwickelte sich beiderseits des Maines zwischen Haßbergen und Steigerwald ein reger Abbaubetrieb auf Eltmanner Bausandstein mit vielfältiger Verwendung: Als anspruchsvolle, höherwertige Massivbausteine, die heute noch keinerlei Schadwirkung zeigen, wurde Eltmanner Bausandstein im dortigen Hausbau oder bei Kirchen (z.B. Pfarrkirchen Eltmann, Gerolzhofen, Ziegelanger) verbaut. Der „Weiße Mainsandstein" prägt die Dörfer und Städte dieses Landstrichs. Die Gewinnung von Massivbausteinen kam erst nach dem 2. Weltkrieg zum Erliegen.

Eine besondere Rolle spielte der Stein auch in der Steinmetz- und Bildhauerkunst. Zahlreiche Ornamente, Treppen, Brunnen, Tür- und Fensterumrahmungen wie auch Arbeiten der bildenden Kunst sind aus ihm gefertigt.

Eigentliche Berühmtheit erlangte der Eltmanner Bausandstein jedoch durch seine Verarbeitung zu speziellen 2–3 m langen Schleifwalzen für die Glasindustrie und zu Schleifsteinen, teils in großen Dimensionen, die weit, auch nach Übersee, exportiert wurden.

Die wichtigsten Abbaureviere des in mindestens 50 Brüchen gewonnenen Sandsteins lagen nördlich des Mains im Tal des Ebelsbaches zwischen Ebelsbach und Dörflis (z. B. „Walzenbruch" östlich Schönbachsmühle), in der Umgebung von Zeil-Ziegelanger (zwei verschiedene Lagen von „Bildhauer-Sandstein") sowie südlich des Mains vor allem im Tal der Aurach („Steinmetzdorf Tretzendorf") oder bei Eltmann.

Derzeit wird der „Weiße Mainsandstein" in 5 Steinbrüchen des Ebelsbacher Tales gebrochen:

Westlich Neubrunn („Neubrunner Sandstein"),
Östlich Schönbachsmühle (ehem. „Walzenbruch"),
Westlich Schönbachsmühle,
Nordwestlich Schönbrunn („Schönbrunner Sandstein") sowie
Nordöstlich Gleisenau.

Der Stein wird, zu Platten zersägt, vor allem als Fassadenverkleidung verbaut. Aber auch als Werkstein z. B. für Bodenbeläge, Treppenstufen, Sockelbauten, Tür- und Fensterrahmungen u.a. sowie als Massivbaustein findet er Anwendung. Hervorzuheben ist sein Einsatz bei Restaurationsarbeiten. Auch in Steinmetz- und Bildhauerkunst wird Weißer Mainsandstein nach wie vor verwendet. Zu erwähnen ist ebenso noch die Herstellung von Schleifsteinen, die im Vergleich zu früher allerdings in reduziertem Umfang hergestellt werden.

Die künftige Gewinnung des Sandsteins wird sich wohl weiterhin in den teils noch gut erschlossenen angestammten „Revieren" abspielen, wenngleich auch anderswo, etwa im mittleren Steigerwald, das Auftreten bauwürdiger Werksteinqualitäten nicht auszuschließen ist. Die Stillegung vieler ehemaliger Steinbrüche ist – abgesehen vom Einfluß der gewandelten Bauweise – vor allem auch durch zu hohe Abraummächtigkeiten verursacht, die in aufgelassenen Brüchen bis zu weit über 10 m ausmachen und zum Berg hin weiter zunehmen. So wären teils neue Ansatzstellen für Steinbrüche zu erkunden, andererseits ist es mit heutiger Technik möglich, auch größere Abraummächtigkeiten zu bewältigen und so alte Brüche neu aufzufahren.

Stand 2000

Burgsandstein (713)

Für den Burgsandstein war die Nürnberger Burg namengebend, die aus diesem Sandstein erbaut ist und auch auf diesem steht. „Burgsandstein" bezeichnet zunächst eine stratigraphische Einheit. Diese stellt eine bis zu ca. 100 m mächtige, wechselhaft zusammengesetzte Schichtfolge dar, in der jedoch die Sandsteine, d.h.

der „Burgsandstein im petrographischen Sinn", insgesamt deutlich vorherrschen und so den Hauptanteil der den Sandsteinkeuper prägenden Sandsteine darstellen.

Der Burgsandstein wird üblicherweise in drei Abteilungen, nämlich den Unteren, Mittleren und Oberen Burgsandstein, untergliedert. Die Gliederung des Burgsandsteins orientiert sich dabei an der faziellen Ausbildung und an mehr oder weniger horizontbeständigen, nicht immer zweifelsfrei zu parallelisierenden Lettenlagen („Grenzkarbonatletten" und „Basisletten" im Gegensatz zu „Zwischenletten"). Jedenfalls ist eine stratigraphische Einstufung der Sandsteinfazies häufig nur in überörtlichem Zusammenhang durchzuführen. Sie bietet ohnehin für die Praxis der Stein- und Sandgewinnung in der Regel keine entscheidenden Anhaltspunkte.

Das Schichtpaket des Burgsandsteins bildet zusammen mit denen des Blasen- und Coburger Sandsteines die Abdachung des Steigerwaldes und der Frankenhöhe. Er verursacht langgezogene Tafelberge und Bergrücken, die als Restflächen zwischen den Talsystemen von Main und Regnitz, vor allem aber zwischen den linksseitigen Nebentälern der Regnitz sowie Altmühl und Wörnitz aufragen. In der Nähe des Anstiegs zur Verebnung des Schwarzen Jura vereinigen sich diese Sandsteinrücken auch zu unzertalten, geschlossenen Burgsandsteinarealen. Auch in der gesamten Umrandung der Nördlichen Frankenalb, (in den Haßbergen, im Bruchschollenland zwischen Kulmbach und Weiden sowie im Gebiet um Hahnbach) streicht der Burgsandstein, häufig tektonisch schräggestellt, in vielen Gebieten aus. Vornehmlich in der Nähe des Albanstiegs wird der Burgsandstein durch das Schichtpaket der tonigen Feuerletten mit meist scharfer Abgrenzung überlagert.

Die Sandsteine werden immer wieder durch Feinsand-Schluff-Tonlagen (sog. Letten) wechselnder Mächtigkeit, bereichsweise auch durch dolomitische Arkosen und Dolomite unterbrochen, teils auch weitgehend durch solche Fazies ersetzt. So unterscheidet man im Unteren Burgsandstein die vorwiegend tonige Ausbildung der „Heldburger Fazies" im Nordwesten Bayerns von der vorwiegend sandigen Ausbildung der „Nürnberger Fazies" im Südosten. Beide Faziesbereiche sind innerhalb eines weiten Übergangsbereichs räumlich verzahnt. Diese Übergangszone liegt westlich der Frankenalb etwa im Bereich des Aischgrundes, östlich der Alb im Kulmbacher Raum. Die mittlere und obere Abteilung des Burgsandsteins sind vorwiegend sandig entwickelt. Zusätzlich zu den üblichen Letteneinschaltungen treten hier im Nordwesten Dolomite bis zu mehreren Metern Mächtigkeit auf.

Die Mächtigkeit der sandigen Fazies des Burgsandsteins schwankt zwischen 70 und 100 m, wobei geschlossene Sandsteinfolgen in der Regel nur über eine Mächtigkeit von einigen Metern, günstigenfalls 10–15 m auftreten. Nur wenige Ausnahmen mit mächtigerer Sandsteinausbildung sind bekannt, so z.B. im Gebiet des Großen Haßberges, östlich von Sulzfeld. Die dortige 30–40 m geschlossene Sandsteinfolge erhielt als „Sulzfelder Sandstein" eine eigene Bezeichnung.

Gesteinsausbildung und Eigenschaften: Der Burgsandstein unterliegt hinsichtlich seiner Korngrößenzusammensetzung und seiner Kornbindung starken Schwankungen, die sich in der unterschiedlichen Eignung als Baustein widerspiegeln.

Allgemein herrscht Mittel- bis Grobsandfraktion vor, vor allem im südöstlichen, beckenrandnahen Teil seines Verbreitungsgebietes, wo feinkiesige, aber auch gröbere Gerölle nicht selten sind. Mit zunehmender Transportentfernung (vom Vindelizischen Festland) schalten sich gegen Nordwesten auch Feinsandschüttungen ein. Das Korn besteht zum überwiegenden Teil aus Quarzen, jedoch fehlt fast nie ein gewisser Anteil an Feldspäten (bis zu 20%), die bei grobkörniger Ausbildung und rötlich-fleischfarbenem Aussehen deutlich hervortreten. Die Sandsteine der Burgsandsteinschichten werden daher häufig als Feldspatsandsteine oder Arkosen bezeichnet. Das Korn des Burgsandsteins ist in der Regel schlecht gerundet, häufig nur kantengerundet, im Süden auch teilweise noch deutlich kantig.

Die Kornbindung ist ein entscheidendes Merkmal der Burgsandsteinausbildung. Zahlreiche Varianten wechseln sich ab: Am häufigsten ist fehlende oder nur schwache Verkittung der Körner, die oft nur durch ihr sperriges Gefüge und durch tonigen Zersatz der Feldspäte in geringem Maß verfestigt sind. So liegen die Burgsandsteinschichten sehr häufig, wenn nicht in überwiegendem Maße, als locker gelagerte Sande oder leicht zerfallende, d.h. mäßig feste Mürbsandsteine vor (s. Nr. 801). Neben primär unverfestigten oder wenig verfestigten Lagen tritt mit der Verwitterung der Feldspäte eine Gefügelockerung ehemals gebundener Sandsteine auf. Die meist tonig-kaolinige und serizitische (feinglimmerige) Zersetzung der Feldspäte bewirkt einen Gehalt an abschlämmbaren Bestandteilen von einigen Prozent. Bereichsweise führen die Mürbsandsteine des Burgsandsteins sogar bis zu 10% oder auch deutlich mehr Kaolin.

Harter Sandstein ist fast ausschließlich auf quarzitische oder karbonatische (in der Regel dolomitische) Bindung zurückzuführen, während tonige Bindung zwar häufig beteiligt ist, jedoch zur Festigkeit der Sandsteine nicht wesentlich beiträgt.

D o l o m i t i s c h e B i n d u n g kann zu einem äußerst zähen Sandstein führen, der vor allem in der mittleren, aber auch in er oberen Abteilung des Burgsandsteins, etwa nordwestlich einer Linie von Dinkelsbühl – Ansbach – Höchstadt – Bayreuth, auftritt. Die dolomitische Matrix füllt dabei die Zwischenräume weitgehend aus und läßt nur wenig Porenraum übrig und schützte somit die Feldspäte weitgehend vor Verwitterung. Besonders harte Sandsteine des Burgsandsteins liegen vor, wenn dolomitische Bindung und Mittelkorn zusammentreffen. Diese mehrere Meter mächtigen Lagen von dolomitischen Arkosen führten in deren Verbreitungsgebiet zur Verwendung der stratigraphischen Bezeichnung „Dolomitische Arkose" für den gesamten Mittleren Burgsandstein. Dolomitisch gebundene Sandsteine bzw. Arkosen gehören zu den härtesten Gesteinen des Burgsandsteins. Repräsentative technische Daten liegen nicht vor, jedoch dürften viele ihrer Varianten hinsichtlich Druckfestigkeit und Frostbeständigkeit modernen technischen Anforderungen genügen.

Die am häufigsten anzutreffende N o r m a l a u s b i l d u n g des Burgsandsteins besteht in toniger, bisweilen auch schwach quarzitischer Bindung. Diese äußert sich in einer mehr oder weniger ausgeprägten kieseligen Verkittung der Quarzkörner an ihren Berührungsstellen, wobei die Zwickelräume z.T. freibleiben. So ergeben sich Sandsteine sehr unterschiedlicher Festigkeit. Die Druckfestigkeiten erlangen Werte bis etwa 30 N/mm^2, die Biegezugfestigkeit erreicht etwa 1,5 N/mm^2. Die Rohdichten auch relativ fester Sandsteine liegen meist deutlich unter 2,0 g/cm^3, was auf eine relativ hohe Wasseraufnahmefähigkeit schließen läßt.

Die Färbung der Sandsteine ist wechselhaft. Vorherrschend sind braunrote bis violettrote Töne, die lagenweise wechseln können. Daneben finden sich häufig auch fleischfarbene bis blaßbeige Sandsteine. Jedoch treten auch rote oder sehr helle Varianten auf.

Eine spezielle Ausbildung quarzitisch gebundenen Sandsteins ist auf ein Vorkommen südwestlich von Nürnberg, nämlich auf den zwischen Wendelstein und Worzeldorf in mehreren Kuppen aufragenden Höhenzug beschränkt. Der dem Mittleren und Oberen Burgsandstein angehörende Sandstein trug die Bezeichnungen „Nürnberger Quarzit", „Wendelsteiner Quarzit" oder kurz „Wendelsteiner".

Die heutige Handelsbezeichnung „Worzeldorfer Quarzit" bezieht sich auf die derzeit bestehende Gewinnungsstelle. Im petrographischen Sinn liegt ein stark kieselig gebundener bzw. quarzitischer Feldspatsandstein vor.

Die Einkieselung des Sandsteins erfolgte nachträglich durch hydrothermale Lösungen, die das Gebirge, ausgehend von Spalten und Kluftzonen, durchdrangen. Quarzitischer Sandstein stößt daher je nach der Reichweite der Lösungsfront teils mit scharfer Grenze an die Normalausbildung des Sandsteins oder verzahnt sich mit ihr. Das kieselige Zwischenmittel des Sandsteins füllt die Porenräume weitgehend aus, was dem Gestein sehr hohe Druckfestigkeiten verleiht: Die besten Sorten erreichen 170 N/mm^2, die Durchschnittswerte liegen bei 60–80 N/mm^2. Die Rohdichte erreicht 2,2–2,3 g/cm^3, was sich in einer für Sandstein außergewöhnlich niedrigen Wasseraufnahme von unter 0,5 Vol.-% widerspiegelt. Das Gestein ist bei typischer Ausbildung absolut frostsicher.

Eine besondere Eigenschaft des Sandsteins besteht in der Möglichkeit, ihn zu verschleifen und sogar zu polieren. Diese Verarbeitungsweise erlauben die voll von kieseliger Matrix umschlossenen Körner von Quarz und unverwittertem Feldspat, die bereits beim Sägen der Rohblöcke nicht aus dem Verband gerissen, sondern durchtrennt werden.

Gewinnung und Verwendung: Die Sandsteine des Burgsandsteins wurden seit Jahrhunderten als Bau- und Werkstein überall dort verwendet, wo sie in technisch brauchbarer Ausbildung anständen. Naturgemäß ist der Burgsandstein als Baustein vor allem dort verbreitet, wo andere Bausteine, etwa Rhät- oder Doggersandsteine und Jurakalke im Osten bzw. der Schilfsandstein im Westen, zu weit entfernt auftraten: Zahlreiche alte Ortskerne sind in auffallender Weise, oft ausschließlich durch Burgsandsteinbauten charakterisiert. Als Beispiel ist besonders die Altstadt von Nürnberg hervorzuheben, deren historische Bausubstanz, vor allem Kirchen und die Burg, aus diesem Sandstein errichtet sind. Der Burgsandstein kann als der Baustein der Stadt Nürnberg gelten.

Die äußerst zahlreichen Gewinnungsgebiete des Burgsandsteins sind in Bayerisches Oberbergamt (1936) aufgeführt. Sie waren im gesamten Verbreitungsgebiet verteilt. Die wichtigsten Bruchgebiete, aus denen noch lange Zeit Bausteine gebrochen wurden und die z.T. erst nach dem 2. Weltkrieg zum Erliegen kamen, werden von Müller (1983) wie folgt angegeben:

bei Feucht: Untermimberg, Unterlindelburg, Ochenbruck

bei Lauf: Schwaig, Rückersdorf
bei Cadolzburg: Gebiet des Dillenberges, Wachendorf und Weiherhof östlich Cadolzburg
bei Fürth: Burgfarrnbach, Unterfarrnbach
Raum Neustadt/Aisch – Emskirchen
Raum Erlangen – Herzogenaurach

Das Gebiet des seit 600 Jahren in mehreren großen Brüchen erschlossenen Wendelsteiner Zuges nimmt dabei eine Sonderstellung ein.

Der heutige Abbau des Burgsandsteins ist derzeit auf zwei Stellen beschränkt: Die Gewinnung des Burgsandsteins der Normalausbildung wird durch den „Untererlbacher Sandstein" respräsentiert, der in einem Wanderbruch zwischen Gunzenhausen und Spalt gebrochen bzw. aus dem Berg gesägt wird.

Der Schwerpunkt seiner Verwendung liegt neben seiner Verbauung als Fassadenverkleidung vor allem in der Restaurierung alter, massiver Bausubstanz. So wurde allein in Nürnberg dieser Sandstein bisher in mehr als 1000 Restaurierungsarbeiten eingesetzt. Jedoch auch im weiteren Umkreis wird der Sandstein verwendet, so beispielsweise an bisher 450 Kirchenbauten (z.B. die große Rosette über dem Portal der St. Lorenzkirche in Nürnberg), zahlreichen historischen Profanbauten und sonstigen Gebäuden. Nicht immer ersetzt das Gestein dabei den ursprünglichen Burgsandstein, sondern auch andere grobkörnige Sandsteine ähnlicher Farbe und Textur, etwa Rhätsandsteine.

Die Gewinnung der quarzitischen Ausbildung wird heute durch den Abbau von „Worzeldorfer Quarzit" (Steinbruch östlich der Ortschaft Worzeldorf) betrieben.

Neben seiner Verwendung als Massivbau- und Werkstein diente dieses Gestein wegen seiner besonderen Härte früher vor allem als Mühlstein, Bordstein, Straßenpflaster oder Wasserbaustein etwa für Brücken, Mühlen und Wassermauern oder als Grabstein. Auch war der Stein begehrte Exportware.

Heute liegt der Schwerpunkt der Verwendung in seinem Einsatz als Fassadenmaterial vor allem im mittelfränkischen Raum, aber auch fernab seines Stammgebietes in allen Teilen der Bundesrepublik. Die Widerstandsfähigkeit des Steins erlaubt seine Verwendung besonders bei vielfältigen Bildhauer- und Steinmetzarbeiten (z.B. auch Brunnen), als Grabsteinmaterial, als Treppenbelag und für massive Mauern oder Blendmauerwerke aller Art. So sind in Nürnberg nach Kriegsende einige Zehntausend Quadratmeter Außenwandflächen verkleidet worden.

Die Sandsteine aus Worzeldorf und Untererlbach setzen so die Tradition des Natursteinbaus aus Burgsandstein in moderner Weise fort. Augenfälligstes Beispiel ist wiederum die Nürnberger Altstadt, in der die historische Bausubstanz, original oder restauriert, eine harmonische Verbindung mit modernen Natursteinfassaden eingeht.

V o r k o m m e n: Die Hauptverbreitung des Burgsandsteins in Bau- bzw. Werksteinausbildung ist aus der Aufführung der ehemaligen Gewinnungsgebiete

in BAYERISCHES OBERBERGAMT (1936) zu ersehen. Jedoch wären zahlreiche Einzelvorkommen, die auch dort längst nicht alle aufgeführt sind, zusätzlich zu nennen bzw. wieder neu ausfindig zu machen. So heben sich aus den aus Burgsandstein gebildeten Bergrücken des Nürnberger Gebietes immer wieder kleinere, auf der topographischen Karte 1:25 000 kaum zu erkennende Teilrücken, Klippen oder Geländerippen heraus, die festen Sandstein verraten. Sehr häufig sind diese Areale, für deren Auftreten im übrigen bisher kein System zu erkennen ist, bereits durch Gewinnungsstellen, oft nur von Zimmergröße, markiert. Bei weitem nicht alle teils in enger Nachbarschaft von Mürbsandsteinen und Sanden auftretenden Sandsteinvorkommen dürften heutigen Qualitätsansprüchen genügen. Dennoch befinden sich unter den felsig ausgebildeten Burgsandsteinkomplexen, deren Zahl mehrere 100 betragen dürfte, sicher zahlreiche potentielle Lagerstätten. Ihre Aufsuchung und geologisch-technische Erkundung wäre im Einzelfall durchzuführen.

Im Bereich des Wendelsteiner Höhenzuges scheinen neben dem derzeit in Betrieb befindlichen Steinbruch weitere Gewinnungsmöglichkeiten aus lagerstättenkundlicher und praktischer Sicht nur noch in beschränktem Maß gegeben. Es wäre zu klären, inwieweit die teils rekultivierten, teils natürlich zugewachsenen Brüche bereits an die Grenze der Verkieselung vorgedrungen sind bzw. ob noch weitere unverritzte „Quarzite" in günstiger Lage und lohnendem Umfang vorhanden sind. Da der Wendelsteiner Höhenzug gerade durch die alten Bruchgebiete im Nahbereich Nürnbergs einen besonderen landschaftlichen Stellenwert besitzt, müssen sich geologisch-lagerstättenkundliche Überlegungen hieran orientieren. Andererseits verdient ein in Bayern einmaliges, mit der baulichen Tradition Frankens eng verbundenes Gestein hinsichtlich seiner künftigen Verfügbarkeit besondere Beachtung.

Stand 2000

Sandsteine des Rhät bzw. Rhätolias (714)

Den Oberen Keuper (Rhät) und die untersten Schichten des Schwarzen Jura (Lias) kennzeichnet eine aus Tonen und Sandsteinen bzw. Sanden bestehende Wechselfolge. Diese ist in der Umrandung der gesamten Nördlichen Frankenalb wie auch im Raum nördlich Amberg verbreitet. Sie erreicht Mächtigkeiten bis zu 60 m, im Durchschnitt 30–40 m. Am Westrand der Mittleren und Südlichen Frankenalb (etwa zwischen dem Raum Nürnberg und dem Ries) liegen stärker reduzierte Mächtigkeiten vor oder das Schichtpaket fehlt ganz. Die zwischen markant ausgebildeten Liegend- und Hangendschichten (rote Feuerletten bzw. grobkörniger, sehr harter Arietensandstein) eingeschaltete Abfolge kann vielerorts nicht einwandfrei in Oberen Keuper bzw. Lias untergliedert werden. Deshalb wird der Schichtstoß auch zusammengefaßt als Rhät-Lias-Übergangsschichten (kurz: Rhätolias) bezeichnet.

Wirtschaftliche Bedeutung des Rhätolias erlangen sowohl seine Tone (s. Nr. 928, 929) wie auch die Mürbsandsteine (als Sande, Nr. 802), vor allem aber seine Bau- oder Werksandsteinlagen, die hier zu behandeln sind.

Die Abfolge des Rhätolias wird durchschnittlich etwa zur Hälfte aus Sandsteinfazies aufgebaut. Dabei tritt über das gesamte Profil hinweg ein meist

scharf abzugrenzender Fazieswechsel zwischen Tonen und Sandsteinen auf, wobei letztere wiederum ohne erkennbare Gesetzmäßigkeiten einem teils raschen Wechsel von harten Sandsteinen und Mürbsandsteinen unterliegen. Auch die Hartsandsteine zeigen wechselhafte Ausbildung und Eigenschaften (s.u.). Der rasche Fazieswechsel der Rhät-Lias-Übergangsschichten erschwert die Korrelierung der Sandsteinlagen teils schon über kurze Entfernungen hinweg: Keine Profilaufnahme im Bereich des Rhätolias gleicht der anderen. Deshalb sind viele verschiedene Namen für die über das Profil verteilten Sandsteine in die geologische Literatur eingeführt. Diese jeweils auf einen ziemlich engen Bereich anzuwendenden Gliederungen bzw. Namen veranschaulichen zugleich die Schwierigkeit, Sandsteinbänke, die als Werksteine gelten können, durch stratigraphisches Arbeiten ausfindig zu machen.

Um den Bezug zu älteren Arbeiten herzustellen, sei ein Teil dieser Bezeichnungen in Anlehnung an KESSLER (1973) nebeneinandergestellt. Eine Unterteilung erfolgt nach Hangendteil (a) und Liegendteil (b) der früher summarisch „Rhätsandstein" genannten Schüttungskörper:

a) Gümbelscher Sandstein, dieser mit Oberem Sandstein und Unterem Sandstein, Oberer Sandstein, dieser mit Oberstem Sandstein, Obere rhätische Sandsteine, Werksandstein, Sandsteine im Hangenden, Pflanzensandstein. Bisweilen werden die Sandsteine in Rinnenfazies und Flächenfazies gegliedert.
b) Hauptsandstein, dieser über Unterem Sandstein, dieser über Nassacher Sandstein, Anoplophorasandstein über Nassacher Sandstein, Sandsteine im Liegenden.

Vereinfacht und für praktische Zwecke in etwa anwendbar lassen sich die Rhät-Lias-Übergangsschichten häufig in zwei stratigraphische Bereiche unterteilen, in denen neben toniger Fazies Sandsteine gehäuft auftreten. Für die Sandsteine der oberen, dem Schwarzen Jura zuzurechnenden Bereiche hat sich die Bezeichnung „Gümbelscher Sandstein" durchgesetzt, die darunterliegenden Sandsteine sind dagegen als „Rhätsandstein" im eigentlichen Sinn aufzufassen. Beide Sandsteine sind meist durch den sog. Hauptton getrennt, können aber auch unvermittelt aufeinanderfolgen.

In ihrem Hauptverbreitungsgebiet am Fuß der Nördlichen Frankenalb und deren Vorbergen, wie in den Haßbergen, können die Sandsteine jeweils Mächtigkeiten bis zu knapp 20 m erreichen, wobei die maximalen Schichtstärken beider Sandsteinfolgen räumlich nicht zusammenfallen. Am häufigsten finden sich Mächtigkeiten von jeweils 5–15 m. Insgesamt können im Rhätolias etwa 10–30 m mächtige, durch einen mehrere Meter mächtigen Tonhorizont, aber auch geringmächtige Tonzwischenlagen getrennte, im einzelnen jedoch weitgehend geschlossene Sandsteinfolgen erwartet werden.

Die regionale Verteilung von Sandsteinmächtigkeiten unterliegt zu großen Schwankungen auf engem Raum, um hier im einzelnen angeführt zu werden, zumal der Übergang in Mürbsandsteine zusätzliche Unsicherheit mit sich bringt. Auch von den festen Sandsteinen erreichen nicht alle Vorkommen Werksteinqualität.

Das Liegende des Rhätsandsteins bilden entweder die ihn ersetzenden Tone, oder er folgt recht unvermittelt auf die roten Tone der Feuerletten, bisweilen greift

er auch mit deutlicher Diskordanz als Rinnenfüllung in diese ein. Das Hangende des Gümbelschen Sandsteins, der durch marinen Lias (Tone und Sandsteine, z.B. Angulatensandstein) vertreten sein kann, ist der ca. 3 m mächtige Arietensandstein.

Die Sandsteinfolgen der Rhät-Lias-Übergangsschichten verursachen über dem Feuerletten Steilhänge bzw. sie bilden ggf. zusammen mit dem Angulaten- und Arietensandstein die Hangkante, an die die Verebnung des vorwiegend tonigen Schwarzen Jura anschließt. Die markante Ausbildung von Steilhängen, an denen häufig natürliche Felsfreistellungen oder aus dem Verband gelöste Blöcke auftreten, ergeben einen recht sicheren Hinweis auf das Vorhandensein geschlossener Sandsteinfolgen bzw. sie unterstreichen die Höffigkeit auf brauchbare Werksteine.

Gesteinsausbildung und Eigenschaften: Die Sandsteine der Rhät-Lias-Übergangsschichten bilden dort, wo sie in mehrere Meter mächtiger geschlossener Sandsteinfolge auftreten, in der Regel eine Serie von 1–2 m, aber auch höhermächtigen Dickbänken. Dünnbankig-plattige Schichtung ist zumindest im Bereich mächtigerer Sandsteinpakete selten und tritt eher begleitend, meist hangend oder liegend, auf. Die weitständig geklüfteten Dickbänke können über kurze Entfernungen hinweg an- und abschwellen. Ihre Schichtflächen sind häufig großwellig uneben.

Die Rhätolias-Sandsteine bestehen vorherrschend aus Mittelsanden, gehen aber auch in Fein- und Grobsande über. Teils ist für manche Bereiche (Aufschlüsse) eine Korngröße beherrschend, teils tritt auch ein Lagenwechsel verschiedener Korngrößen in größeren oder engen Abständen auf. Scharfkantiges, ungerundetes Korn ist vorherrschend und kennzeichnet das sperrige Gefüge der Sandsteine. Gerundetes Korn herrscht dagegen bei gröberer Kornzusammensetzung vor.

Besonders im Bereich des Gümbelschen Sandsteins, der vor allem östlich der Nordalb auftritt, ist engräumige Schräg- und Kreuzschichtung häufig. Diese durch feinlagig ausgefülltes Eisen- und Manganoxid nachgezeichnete Sedimenttextur verleiht dem Stein eine lebhafte Zeichnung. Auch regellos schlierige Bänderung des Sandsteins tritt auf. Andererseits zeigt sich der Sandstein auch – zumindest im Blockbereich – ebenmäßig texturiert, allenfalls mit leichter Streifung versehen, die häufig an einen lagigen Korngrößenwechsel gebunden ist. Solche ruhigere Schichtungsverhältnisse scheinen eher in den heute erschlossenen Rhätsandsteinen der Haßberge vorzuherrschen.

Die Sandsteine bestehen zu 90–95% aus Quarzkörnern, zu 0–5% aus Feldspäten, die nur in Ausnahmefällen nahe der Basis des Gesamtkomplexes ein Mehrfaches davon ausmachen. Ein meist geringer Rest entfällt auf Tonminerale. Helle Glimmer treten akzessorisch in feinkörnigen Sandsteinen auf.

Die Bindung der Sandsteine ist dort, wo sie als Werkstein gebrochen wurden und werden, quarzitisch. Jedoch besteht fast nie eine vollständige Hohlraumfüllung durch Quarz. Die geringen Tonanteile, teils Kaoline der Feldspatverwitterung, tragen kaum zur Verkittung der Körner bei. Mürbe Sandsteine sind frei von quarzitischem Bindemittel. Sie erhalten einen gewissen Zusammenhalt fast nur durch ihr sperriges Korngefüge.

Die technischen Gesteinsdaten sind je nach ihrer Bindung und Kornzusammensetzung sehr starken Schwankungen unterworfen. Selbstverständlich unterliegen die heute in den Handel gebrachten Sandsteine bereits im Bruch Auswahlkriterien, ebenso unterliegen sie häufigen prüftechnischen Qualitätskontrollen, so daß die technischen Daten in aller Regel die dem Verwendungszweck gerechten Anforderungen erfüllen.

Die heute gewonnenen mittel- bis grobkörnigen Werksteine besitzen Druckfestigkeiten in der Regel zwischen 35 und 50 N/mm^2, feinkörnige Varietäten, wie z. B. bei Burgpreppach, können auch auf über 90 N/mm^2 ansteigen, Werte unter 30 N/mm^2 wurden vor allem in heute aufgelassenen Brüchen gemessen. Die Druckfestigkeit parallel zum Lager liegt in der Regel jeweils unter den genannten Werten. Die Biegezugfestigkeiten bewegen sich bei mittel- bis grobkörnigem Material meist zwischen 3 und 4 N/mm^2.

Die Rohdichte der Sandsteine schwankt um den Wert 2,0 g/cm^3 (1,92–2,11 g/cm^3), während die Wasseraufnahme zwischen 12 und 16 Vol-% liegt. Die Streuung wird durch die unterschiedliche Dichtigkeit von feinkörnigen und gröberen Gesteinsvarianten verursacht.

Die heute in den Handel gebrachten Sandsteine können als frostbeständig gelten.

Gewinnung und Verwendung: Die Sandsteine des Rhätolias fanden seit Beginn der Steinbauweise, die sich seit dem 17. Jahrhundert allgemein durchsetzte, in seinem gesamten Verbreitungsgebiet als Bausteine Verwendung. Sie sind die am häufigsten verbauten Sandsteine in Bayern.

Stellvertretend für viele Städte und Ortschaften, deren Kern und historische Bauten durch die teils warmen Farbtöne oder die lebhafte Zeichnung dieser Sandsteine geprägt sind, seien etwa Bayreuth („Bayreuther Sandstein" als Bau- und Werkstein des „markgräflichen Barockstils"), Amberg, Erlangen (z.B. Schloß) oder Bamberg (vor allem Dom, Residenz, Hofhaltung, Brücken) genannt. Aber auch wesentliche Teile und Bauwerke vieler anderer Städte und Dörfer im Vorland der Frankenalb, besonders auch in den Haßbergen, bestehen aus diesem Sandstein, der damit die Bausubstanz weiter Landstriche charakterisiert. Zahlreiche Steinmetz- und Bildhauerarbeiten wie z. B. figürliche Darstellungen, Brunnen, Portale vervollständigen und unterstreichen dieses Bild. Hinzuweisen ist auf die Burgruine Rotenhan (nördlich Ebern), deren Bauteile (z. B. Treppe, Mauern, Tor) aus anstehendem Rhätsandstein herausgemeißelt sind.

Die zahlreichen alten Gewinnungsstellen, die zumeist erst mit dem 2. Weltkrieg, manche auch danach im Zuge der Umstellung der Bauweise aufgegeben wurden, sind in BAYERISCHES OBERBERGAMT (1936) aufgeführt. Hieraus geht hervor, daß der Stein auch dort, wo er weniger mächtig (unter 5 m) ausgebildet ist, so vor allem im Juravorland zwischen Nürnberg und dem Ries, wo immer er feste Bänke bildete, genutzt wurde. Dennoch wurde er im Gebiet seiner größten Verbreitung bzw. dort, wo er besonders mächtig entwickelt ist, bevorzugt gebrochen: im Gebiet des unteren Regnitztales und des Mains zwischen Bamberg und Bayreuth sowohl im Bereich seines Ausstriches im Juravorland, vor allem aber auch auf den zahlreichen isolierten Liasinseln westlich und nördlich des Mains.

Heute hat sich die Gewinnung der Rhätolias-Sandsteine innerhalb dieses klassischen Gebietes weiter konzentriert: Während ehemals etwa zwischen Bayreuth und Coburg Sandsteinbrüche engräumig neben Sandgruben (s. Nr. 802) bestanden, verlagerte sich der moderne Abbau in Gebiete, die im allgemeinen keine oder nur wenig sandige Ausbildung zeigen, nämlich in die um das Itztal, vor allem aber in westlich davon gelegene Vorkommen.

Die heute in Betrieb befindlichen Steinbrüche befinden sich bei
Heilgersdorf im Itztal (2 benachbarte Brüche nordöstlich des Ortes),
nordwestlich Buch,
westlich Gereuth,
bei Lichtenstein,
südlich Albersdorf,
auf dem Haubeberg (Ruine Rauheneck),
auf dem Rauberg bei Burgpreppach.
Bei Tambach, nahe Coburg, fällt als Abraum der dortigen Tongrube eine verwertbare Sandsteindickbank an.

Die mit dem Sammelbegriff Gelber Mainsandstein benannten Sandsteine kommen vornehmlich unter lokalen Bezeichnungen wie z.B. „Bucher", „Lichtensteiner" oder „Heilgersdorfer Quarzitsandstein", „Gereuther Schloßsandstein" u.a. in den Handel.

Sie setzen vor allem in ihrem „Stammgebiet" als Fassadenverkleidung die Tradition der Sandsteinbauweise fort und werden ebenso zur Restaurierung alter Bauten (z.B. Dom und Alte Hofhaltung in Bamberg, Schlösser und Burgen) benötigt. Aber auch im weiteren Umkreis findet der Sandstein Verwendung, dessen Vielseitigkeit durch den Einsatz im Innen- wie im Außenbereich gegeben ist: Platten und Werksteine vielfältiger Art, gesägt oder behauen zur Verblendung oder zur massiven Gestaltung von Bauteilen, teils durch Steinmetzarbeiten, Bossensteine, Mauersteine, Gartengestaltung. Künstlerische Arbeiten von Bildhauer und Steinmetz setzen alte Traditionen fort.

Stand 2000

Sandsteine des Jura

(Hermann Weinig)

Angulatensandstein

Im Bereich des marin ausgebildeten Lias Alpha treten mit den Angulatenschichten meist feinkörnige, weißlich-helle bis gelbbräunliche Sandsteine auf, die plattig-bankig absondern. Die Sandsteine können in Einzelbänken zwischen Tonen auftreten, aber auch mehr geschlossene Sandsteinlagen bilden, die in Nordbayern, im Westen der Frankenalb bis etwa 15 m, im Osten bis 10 m mächtig werden. Angulatensandstein kann faziell entweder ganz durch Sandsteine der Rhät-Lias-Übergangsschichten (Nr. 714) vertreten sein, teils diesen aufliegen. Im Vorland der Südlichen Frankenalb fehlt der Sandstein fast ganz oder ist (z.B. im Hesselberggebiet) über dem Feuerletten nur wenige Meter mächtig entwickelt.

Die Sandsteine besitzen vor allem dann, wenn ihre Kornbindung etwas kieselig ausgebildet ist, gute Druckfestigkeiten (z.B. um 50 N/mm^2 im Gebiet des Hesselberges). Sie wurden daher dort, wo sie hart und bankig entwickelt sind, an vielen Stellen (im einzelne s. BAYERISCHES OBERGERGAMT, 1936) gebrochen und als Baustein verwendet (Beispiel: Rathaus Wassertrüdingen). Heute wird dieser technisch brauchbare, farblich ansprechende Sandstein wohl wegen zu geringer Bankstärken nicht mehr genutzt.

Arietensandstein

Jüngstes Schichtglied des Lias Alpha ist der Arietensandstein (namengebend ist der Ammonit *Arietites*), der im Bereich des Juravorlandes fast durchgehend in Mächtigkeiten von meist 1–4,5 m ausgebildet ist. Er folgt unmittelbar über den Angulatenschichten bzw. den Rhät-Lias-Übergangsschichten als markant ausgebildeter, wechselnd kalkig gebundener, teils eisenschüssiger Grobsandstein mit auffallend kantigen Körnern. Der braune bis graubraune Sandstein ist äußerst hart und sondert uneben plattig-dünnbankig ab.

Der Arietensandstein wurde, da als Härtling im Gelände morphologisch deutlich hervortretend, vielfach in kleineren Flachgruben oder Steinbrüchen abgebaut. Er diente als einfacher Baustein vor allem zur Erstellung von Gebäudegrundmauern. Gelegentlich werden aus solchen Aufschlüssen noch heute Bruchsteine zur Wegebeschotterung entnommen.

Doggersandstein (720)

Der Doggersandstein (Dogger-Beta-Sandstein) oder auch Eisensandstein des Braunen Jura wird heute nicht mehr gebrochen. Seine Vorkommen sollen aber wegen seiner ehemals großen Bedeutung als Baustein, vor allem aber wegen seiner gleichzeitigen Bedeutung als bereichsweise potentielle Lagerstätte für Bau-, Form- und Glassande behandelt werden.

Der Doggersandstein bildet am Fuße des Albtraufes regelmäßig über dem flachen Hanganstieg des Opalinustones (s. Nr. 932) eine Steilstufe, die den gesamten, stark gebuchteten Rand des Frankenjura sowie seine Zeugenberge als vielfach gewundenes Band umläuft, im Raum Mistelgau – Pegnitz auch weitflächig verbreitet ist. Die Steilstufe des Dogger geht in die Verebnung bzw. den flachen Hanganstieg der vorwiegend tonigen Hangendschichten der Sandfazies (Oberster Dogger Beta bis Dogger Zeta – s. z.B. Nr. 933) über.

Die stratigraphische Einheit des Doggersandsteins ist ein komplex zusammengesetzter, mehrfach gegliederter Schichtenstoß, der in der Südalb geringmächtig (bis 35 m), in der Mittleren und Nördlichen Frankenalb dagegen zwischen 40 und über 100 m mächtig ist. Die beherrschenden Schichtglieder stellen Sandsteine bzw. Sande dar, die durch Tone, Sandstein-Ton-Wechsellagen oder durch Eisenerzhorizonte getrennt oder durchsetzt sind. Für die Abfolge des Dogger Beta läßt sich kein petrographisch gleichbleibendes Schichtprofil aufstellen, jedoch sind die einzelnen Schichtglieder in der Regel trotz fazieller Abwandlung zu parallelisieren. Die wechselhaften Faziesverhältnisse des Dogger Beta können hier nicht in-

überschaubarer Weise dargestellt werden, vielmehr ist auf die Spezialarbeiten v. FREYBERG (1951), BERGER (1952), HÖRAUF (1959) sowie im einzelnen auf die Erläuterungen der Geologischen Karten von Bayern 1:25 000 zu verweisen.

Die aus praktischer Sicht bedeutenden Sandstein- bzw. Sandfolgen des Dogger Beta werden hauptsächlich durch folgende, über weitere Strecken geschlossen ausgebildete Schichtglieder ausgewiesen: Über den meist von Hangmaterial überrutschten ältesten Sandsteinschichten (regional auch Basissandstein, Liegendsandstein oder Glimmersandstein genannt; Mächtigkeit wenige Meter) folgt nach einem maximal 5 m mächtigen Tonpaket (z.B. „Bänderschmitzenton") mit dem Hauptwerksandstein der erste größere Sandsteinkomplex. Der durch den deutlichen Steilanstieg zu erkennende Sandstein wird meist etwa 10–15 m mächtig. In der Nördlichen Frankenalb läßt sich im Liegenden, getrennt durch sandige Tone (< 5 m mächtig) der etwa 5–10 m mächtige Kellersandstein zusätzlich unterscheiden. Der Hauptwerksandstein kann bereits Eisenerzflöze enthalten. Auf den bis zu 6 m mächtigen Hauptflözhorizont, der auch völlig versanden kann, folgt als zweiter großer Sandsteinkomplex der Felssandstein, der in der Nördlichen Alb durchschnittlich 20 m mächtg wird. Die Schichtenfolge des Felssandsteines bildet meist ein kompaktes Sandsteinpaket und damit die Hauptsteilstufe des Dogger Beta. Sie kann jedoch in verschiedenen Höhenlagen von geringmächtigen Eisenerzflözen bzw. „Flözhorizonten" durchsetzt sein, im Raum Pegnitz tritt nahe seiner Oberkante zusätzlich Troschenreuther Rötel (s. Nr. 001) auf. Die über diesem Rötelhorizont folgende abschließende Sandsteinfolge des Felssandsteins wird in der Nördlichen Frankenalb bereichsweise als Oberer Werksandstein ausgeschieden.

Die Sandsteine der den Dogger Beta abschließenden, zu einem erheblichen Anteil tonig ausgebildeten Discites-Schichten waren und sind nicht von praktischer Bedeutung.

Gesteinsausbildung und Eigenschaften: Die Sandsteine der oben angeführten Schichtglieder sind nach ihrem Kornaufbau sehr ähnlich zusammengesetzt:

Es handelt sich gleichbleibend um Feinsandsteine (mittlere Korngröße 0,2–0,3 mm), die fast ganz aus Quarzkorn bestehen. Die Bindung ist in der Regel tonig, oft zusätzlich etwas limonitisch, verursacht durch brauneisenummanteltes Korn. Karbonatisches Bindemittel ist selten. Die Kornbindung ist mehr oder weniger gut ausgebildet oder fehlt weitgehend. Neben mäßig harten, nur bei karbonatischer Bindung sehr harten Sandsteinen finden sich daher halbfeste und mürbe, zwar standfeste, jedoch leicht zu Sand zerfallende Sandsteine („Griessandstein") und unverfestigte Sande (s. Nr. 803). Repräsentative Werte für Druckfestigkeiten liegen nicht vor. Anhaltspunkte bieten Festigkeiten von 18 und 33 N/mm^2. Der Doggersandstein kann nur als bedingt frostsicher gelten, da manche seiner Varianten je nach der Art der Kornbindung zum Absanden neigen. Seine Rohdichte (1,75–1,83 g/cm^3) weist auf hohes Wasseraufnahmevermögen hin.

Die Farbe des Doggersandstein wechselt: Die Regel sind kräftige gelbbraune Farbtöne, daneben treten braunrötliche, teils auch hellere bis fast weißliche Varianten auf.

Gewinnung und Verwendung: Der Doggersandstein war früher ein vielfach verwendeter Baustein, der in den Ortschaften des Albrandes überall dort, wo er in fester Ausbildung anstand, für Wohnhäuser, aber auch Kirchen und Repräsentationsbauten weithin verwendet wurde und so heute noch viele Ortsbilder beeinflußt. Als bekannte Beispiele gelten die Kirchen von Schloß Banz und Vierzehnheiligen. Als Bildhauersandstein kamen besonders widerstandsfähige, hellere Sandsteine in Frage.

Hauptverbreitungsgebiet war das Umland der Nördlichen Frankenalb. Steinbrüche bestanden dort an sehr vielen Stellen.Die Verwendung des Sandsteins kam in der Zeit nach dem Ersten Weltkrieg mehr und mehr zum Erliegen. In der Neumarkter Gegend wurden noch in den 40er Jahren Doggersandsteine gebrochen.

Heute besteht kein einziger Steinbruch auf Doggersandstein, da er ausschließlich als Massivbaustein zu verwenden wäre. Gleichwohl wäre seine Verwendung bei der Restauration alter Bausubstanz angebracht.

Sandsteine der Oberkreide

(Reinhard Streit)

Sandsteine des Mittleren Cenoman (und jünger) (730)

In dieser Gruppe werden zusammengefaßt die Sandsteine der Schutzfelsschichten (benannt nach dem Schutzfelsen an der Donau bei Regensburg, gegenüber Sinzing), die Sandsteine der Unteren Michelfelder Schichten (benannt nach Michelfeld bei Pegnitz) und die unterste Stufe der Ehenfelder Schichten (benannt nach Ehenfeld, nördlich Hirschau). Eine sichere stratigraphische Einordnung ist bisher noch nicht möglich. Nur dort, wo die Schichten von marinen Ablagerungen überdeckt werden, wie z.B. am Schutzfelsen von Regensburger Grünsandstein, läßt sich das Alter einengen.

Entstanden sind diese Ablagerungen nach dem Rückzug des Jurameeres im Gebiet der Fränkischen Alb und östlich, wie auch südlich daran anschließend. In Sedimentationsbecken sammelte sich der Verwitterungs- und Abtragungsschutt des sich heraushebenden Schichtstufenlandes und des Grundgebirges.

Nördlich der Donau sind diese Sedimente besonders in Karstdepressionen der Fränkischen Alb und in tektonisch abgesenkten Teilschollen erhalten geblieben. Südlich der Donau werden die Ablagerungen der Kreide weitgehend durch tertiäre Sedimente verhüllt, nur westlich von Neuburg a.d. Donau und südlich von Regensburg treten Gesteine der Kreide zutage.

Gesteinsausbildung und Eigenschaften: Die Schutzfelsschichten sind im Amberger Raum nur schwach verfestigt und können als mürbe oder lockere Sandsteine von heller, beiger, gelber, seltener bräunlicher und rötlicher Farbe auftreten. Das Bindemittel ist kaolinitisch. Auch im Auerbacher

Raum sind die Sande der Unteren Michelfelder Schichten (Äquivalente der Schutzfelsschichten) partienweise schwach zu Sandstein verfestigt. An anderen Orten, wie auf der südlichen Abdachung der Fränkischen Alb, handelt es sich um stark verkieselte Gesteine, z.B. um fein- bis mittelkörnige graue Quarzite mit muscheligem Bruch. Diese Quarzite sind oft von dunkelbraunen eisenreichen Rinden umgeben. Im Raum nördlich von Sulzbach-Rosenberg sowie bei Vilseck, Kaltenbrunn und Hirschau enthalten die Ehenfelder Schichten, die mit den Michelfelder Schichten zu vergleichen sind, im unteren Abschnitt Quarzitbänke. Entlang der Freihölser Störungszone erscheinen Grobsandschichten der untersten Stufe der Ehenfelder Schichten, die eine kieselige Verfestigung zeigen. Intensive Zertrümmerung und Einkieselung haben dort einen porösen quarzitischen Sandstein entstehen lassen.

Gewinnung und Verwendung: Zwischen Ehenfeld und Freihung waren früher große Steinbrüche in Betrieb, in denen die Quarzite abgebaut und zu Mühlsteinen verarbeitet wurden. Es handelt sich dort um den untersten Abschnitt der Ehenfelder Schichten. Besonders geeignet waren Quarzitbänke, die aus einem grobkörnigen verwitterten Quarzfeldspatsandstein hervorgegangen sind. Heute werden diese Sandsteine nicht mehr genutzt.

Regensburger Grünsandstein (731)

Der Regensburger Grünsandstein leitet seinen Namen von seinem Hauptvorkommen in der Regensburger Gegend und von seiner grünlichen Farbe her, die durch das Mineral Glaukonit hervorgerufen wird. Es handelt sich um eine Ablagerung des obercenomanen Meeres. Dieses Meer rückte, von Südosten her, auf einer Abrasionsfläche vor und überdeckte verkarstete Juragesteine, die als Spalten-, Höhlen- und Dolinenfüllungen sandige, kaolingebundene und tonige Schutzfelsschichten enthalten. In Vertiefungen des Meeresbodens lagerten sich stellenweise Transgressionskonglomerate ab. Darüber legten sich zunächst sandige, kalk- und glaukonitreiche Sedimente einer Flachsee, die heute als Unterer Grünsandstein bekannt sind. Im weiteren Verlauf fand ein Wechsel zu stärker kalkhaltigen und mergeligen Sedimenten statt, die als Oberer Grünsandstein bezeichnet werden. Der Grünsandstein wird vom Eibrunner Mergel überdeckt, der in der Geländemorphologie eine deutliche Verebnung bewirkt.

Das Hauptverbreitungsgebiet des Regensburger Grünsandsteins ist im Süden durch die Linie Regensburg – Bad Abbach gegeben. Die Ostgrenze wird nördlich der Donau durch die Keilberg-Störung gebildet. Der Nordrand reicht etwa bis zur Linie Kallmünz – Leonberg (nördlich Regenstauf), während die Westgrenze seines Verbreitungsgebietes ungefähr durch die Linie Abensberg – Ihrlerstein (bei Kelheim) beschrieben ist. Geringmächtige Vorkommen nördlich des umgrenzten Gebietes sind ohne Bedeutung. Von Norden nach Süden nimmt die Mächtigkeit von 2–7 m bei Kallmünz und Leonberg, auf 9–18 m bei Saal a.d. Donau und Schierling zu.

Gesteinsausbildung und Eigenschaften: Als Baustein ist allein der kompakte Untere Grünsandstein von Interesse, der oft in einige dicke

Bänke unterteilt ist. Es handelt sich um ein graugrünes, gelblichgrünes, stellenweise gelblichbraunes Gestein aus fein- bis mittelkörnigen, z.T. grobkörnigen Quarzsanden mit reichlich Glaukonit, das durch Karbonat, seltener durch Tonmergel verkittet ist. Die Festigkeit und Widerstandfähigkeit des Glaukonit-Kalksandsteins hängt von der Stärke der Karbonatbindung ab, die ein zelliges Gerüst um die Quarz- und Glaukonitkörner bildet. – Beispielsweise gibt HASSELMANN (1892, zitiert bei OSCHMANN 1958) für Unteren Grünsandstein von Kapfelberg einen Kalkgehalt von 58% an. Nach OSCHMANN (1958) erbrachten Karbonatbestimmungen aus Grünsandstein eines Steinbruchs nördlich Oberndorf: $CaCO_3$=30,0%, $MgCO_3$=20,24% bzw. Calcit=6% und Dolomit=44,26%.

Die Quarzkörner sind meist gut gerundet, zumindest kantengerundet. Der Glaukonit liegt in rundlichen Körnern vor und bedingt die Grünfärbung des Gesteins. Es kommen Einkieselungen, Kieselkonkretionen und Kiesellagen vor. – Als Druckfestigkeit wurden für den Regensburger Grünsandstein Werte zwischen 15 und 40 N/mm^2 gemessen (BAYERISCHES OBERBERGAMT 1936). Schlecht oder unregelmäßig gebundener Grünsandstein, eine gelegentlich anzutreffende Schwefelkiesführung und teilweise ein großes Wasseraufnahmevermögen wirken sich bautechnisch nachteilig aus. REIS (1935) bezeichnet den Grünsandstein als typischen Schalenbildner.

Gewinnung und Verwendung: Durch den technischen Aufschwung im vorigen Jahrhundert wurden große Mengen an Bausteinen benötigt. Eine Vielzahl von Steinbrüchen wurde im Regensburger Grünsandstein angelegt, oft an Abbaustellen, die schon seit alters her den örtlichen Bedarf deckten. Durch die Möglichkeit der Verschiffung auf der Donau und durch die Entwicklung der Eisenbahn erreichte dieser Baustein eine weite Verbreitung und erfreute sich wegen seiner ansprechenden Färbung und Zeichnung großer Beliebtheit.

Verwendung fand der Regensburger Grünsandstein früher an bekannten Bauwerken Südbayerns, z.B. Münchener Neue Residenz, Staatsbibliothek, Alte und Neue Pinakothek, Dom von Eichstätt, Kloster Weltenburg, Schloßturm Bad Abbach, Kirchenportal in Oberndorf bei Bad Abbach, Steinerne Brücke, Dom und St. Emmeram in Regensburg, Passauer Dom, und an vielen anderen Staats- und Privatbauten.

In jüngster Zeit wurden Fassadenplatten aus Regensburger Grünsandstein z.B. für die Neue Pinakothek in München und für repräsentative Bauten in Waldkraiburg, Karlsruhe und Stuttgart (Wirtschaftsministerium) verwendet.

Vorkommen: Von den im Regensburger Grünsandstein angelegten Steinbrüchen ist zur Zeit nur der Steinbruch westlich Ihrlerstein bei Kelheim in Betrieb. In der nachfolgenden Zusammenstellung sind die wichtigsten Steinbrüche auf diesen bauhistorisch bedeutsamen Sandstein nach Gradabteilungsblättern im Maßstab 1:25 000 aufgeführt:

Blatt 6837 Kallmünz: Sandsteinbrüche bei Krippersberg, am Kreinberg und südlich Wischenhofen. Gesamtmächtigkeit im Nordwesten ca. 6 m, im Nordosten ca. 7 m, im Süden ca. 10 m. Glaukonitische Feinsandsteinbänke ca. 5 m.

Blatt 6838 Regenstauf: Aufschluß im Eisenbahneinschnitt südlich von Pirkensee und Steinbrüche am Westhang des Regentales gegenüber Laub. Gesamtmächtigkeit bei Pirkensee (nördliche Blatthälfte) 2–4 m, bei Eitlbrunn (nahe südlicher Blattrand) bis etwa 10 m.

Blatt 6937 Laaber: Steinbrüche von Käfersdorf und Eichenbrunn, Steinbruch nordwestlich Eibrunn. Gesamtmächtigkeit nahezu 10 m.

Blatt 6938 Regensburg: Steinbruch westlich Günzenried, Steinbrüche nordöstlich und südwestlich Pettendorf, Steinbrüche östlich Schwetzendorf, Steinbrüche nordöstlich, östlich und südöstlich Reifenthal, Steinbrüche bei Tremmelhausen, Steinbruch am Ostrand des Hüpberges südlich Kneiting, Steinbruch 1 km östlich Hainsacker, Steinbrüche nordwestlich und nördlich Regendorf, Steinbruch östlich Zeitlarn, Steinbruch südlich Lappersdorf, Steinbruch am Blattsüdrand südsüdwestlich Kleinprüfening bei Vogelsang. Gesamtmächtigkeit 4,5 bis über 13 m.

Blatt 7037 Kelheim: Aufschlüsse am Teufelsfelsen südwestlich Alkofen und am Lehnberg und bei Goldberg nordöstlich Kelheim, Steinbruch Ringberg östlich Saal, Steinbruch 500 m südlich Niederviehhausen, Steinbruch am Schloßberg westlich Alling, Steinbruch südwestlich Kapfelberg am Ziegelstadel, Steinbruch östlich Kapfelberg am Bichel, Steinbruch westlich Ihrlerstein (z.Zt. in Betrieb). Gesamtmächtigkeit im Nordosten des Blattgebietes rund 11 m, bei Kapfelberg rund 13 m, um Kelheim rund 15 m. Unterer Grünsandstein 5,5–8 m.

Blatt 7038 Bad Abbach: Aufschlüsse am Schutzfelsen östlich Sinzing, am Donauhang westlich Poikam, am SW-Hang des Abbacher Galgenberges, oberhalb der Sinzinger Fähre, am linken Donauhang gegenüber Matting, am Waldrand südlich Unteralling, bei Vogelsang (nördlicher Blattrand).

Steinbrüche nördlich und östlich Oberndorf, Steinbruch „Kalkofen" bei Bad Abbach, Steinbruch am Mühlberg bei Lengfeld südwestlich Bad Abbach (von 1873 bis zum Beginn des 2. Weltkrieges in Betrieb).

Gesamtmächtigkeit von N nach S allmählich zunehmend, bei Sinzing ca. 10 m, bei Unterirading und Matting ca. 11 m, bei Oberndorf 12 m, am „Löwendenkmal" südwestlich Bad Abbach 14,5 m, im Steinbruch am Mühlberg 16 m. Mächtigkeit des Unteren Grünsandsteins nördlich Oberndorf 5,5 m, am „Kalkofen" bei Bad Abbach 6,5 m, am Mühlberg 7,5 m.

Blatt 7137 Abensberg: Aufschluß im SKW-Bruch südlich Saal a.d. Donau, Anschnitt an der Prallhangkante nordöstlich Bahnhof Thaldorf, Sandgrube in der NE-Ecke des Blattgebietes („Rabenholz Bruch"). Gesamtmächtigkeit 9–15 m.

Blatt 7138 Langquaid: Zwei kleine Steinbrüche etwa 1,5 km nordöstlich Hausen, Steinbruch am Südhang des Kommandoberges. – Am Kommandoberg, in der NW-Ecke des Blattgebietes, fanden vor einigen Jahren Erkundungen des Grünsandsteins mit Bohrungen durch die Firma SKW statt. Es erwies sich, daß das Sandsteinvorkommen für den vorgesehenen Zweck (Abbau von Fassadenplatten) nicht geeignet war. Gesamtmächtigkeit in der Brunnenbohrung Schierling 18 m.

Stand 2000

Reinhausener Schichten (732)

Über dem Eibrunner Mergel, in dessen unteren Teil die Grenze Turon/Cenoman gelegt wird, erscheinen Gesteine, die entweder als Kieselkalke oder als Sandsteine vorliegen. Sie gehören dem Unteren Turon an und werden als Reinhausener Schichten bezeichnet, da die Abfolge bei Reinhausen (heute Stadtteil von Regensburg) in typischer Ausbildung zutage tritt.

Es handelt sich um Sedimente des Kreidemeeres, das im Unteren Turon bereichsweise von Kieselschwämmen dicht besiedelt gewesen ist. Überreste von Kieselschwämmen treten in den Kieselkalken in Form von feinsten Schwammnadeln oft gesteinsbildend auf. Ein Teil der Kieselsäure ging in Lösung und wurde in Konkretionen ausgefällt. Der hohe Anteil organisch umgeformter Kieselsäure dieses Gesteins läßt auf eine starke Kieselsäurezufuhr in das Kreidemeer schließen.

Das Hauptverbreitungsgebiet der Reinhausener Schichten ist die Umgebung von Regensburg, wobei etwa die für den Regensburger Grünsandstein (731) beschriebene Umgrenzung gilt. Ausläufer reichen bis in die Gegend von Sulzbach-Rosenberg sowie in die Bodenwöhrer Senke, doch überwiegt dort die Sandsteinfazies.

Die Mächtigkeit der Reinhausener Kieselkalke wird im südlichen Hauptverbreitungsgebiet mit 11,5–25 m angegeben. Das Verbreitungsgebiet der Reinhausener Schichten in stärker sandiger Fazies liegt in der Bodenwöhrer Senke. Infolge ihrer Härte und Widerstandsfähigkeit treten diese Gesteine dort entlang dem Höhenzug Pittersberg-Schwandorf-Bruck-Roding zutage. Die Mächtigkeit beträgt bei Amberg 2–14 m, bei Bodenwöhr 11 m, bei Roding 8–11 m.

Die Reinhausener Schichten treten in der Umgebung von Regensburg als ein sandiges, kalkiges Kieselgestein, vor allem aber als ein sandarmer Kieselkalk auf. Die Färbung reicht von gelblichen Tönen über gelblichgrau bis hellgrau, wobei bräunliche Bänder und Schlieren auftreten. Örtlich sind Kieselknollen angereichert, besonders in den höheren Lagen des Schichtstoßes. Das Gestein klüftet leicht. Es geht örtlich infolge Auslaugung in kalkfreie Partien über, die sehr porös sind und ein geringes spezifisches Gewicht aufweisen. In diesen sind Kieselschwammnadeln stark angereichert. Solche „Tripel"-Bildungen erinnern an die Neuburger Kieselkreide (s. Nr. 003).

Im nördlichen Verbreitungsgebiet sind die Reinhausener Schichten als gelbe, graue, häufig dunkel gefleckte Sandsteine oder sandsteinähnliche Sedimente anzutreffen, die in ebenflächigen Platten brechen und sich leicht in dünne Lagen aufspalten lassen. In der Rodinger Gegend überwiegt eine stärker sandige Ausbildung. Manche Lagen sind hornsteinartig dicht (s. BAYERISCHES OBERBERGAMT 1936). Eine Gesteinsvariante, die bei der Verwitterung durch Auslaugung eines ursprünglich kalkigen Bindemittels eine poröse Struktur angenommen hat, wird als „Amberger Tripel" bezeichnet.

Gewinnung und Verwendung: Mehrere Steinbrüche befanden sich z.B. auf dem Reinhausener Berg und südlich Großprüfening (s. BAYERISCHES OBERBERGAMT 1936 und BAUBERGER, CRAMER & TILLMANN 1969). Große Steinbrüche bestanden außerdem südwestlich Bad Abbach, an der „Abbacher Leiten", wo auch Knollensandsteine abgebaut wurden.

Verwendung fanden die Reinhausener Kieselkalksteine vor allem als Mauersteine. Sie wurden bereits von den Römern zum Bau ihrer Lagermauern gewonnen. Später wurden sie für viele Bauten in Regensburg (z.B. Ulrichs-Kirche und Niedermünster) und in der weiteren Umgebung benützt. Heute werden Sandsteine der Reinhausener Schichten nicht mehr abgebaut.

Im nördlichen Verbreitungsgebiet waren Steinbrüche in großer Zahl, besonders zwischen Schwandorf und Roding vorhanden. So ist ein Steinbruch auf dem Holzberg, östlich Schwandorf zu nennen, der gelbgraue, poröse, sandsteinähnliche Platten lieferte, die in 0,5–1,0 m mächtigen Lagen vorkamen. Auf dem Blattgebiet Wackersdorf waren westlich der heutigen Siedlung Neuwackersdorf, im Gemeindeholz, Steinbrüche in Betrieb, in denen „Amberger Tripel" abgebaut wurde. Ein weiterer Steinbruch lag ca. 400 m südöstlich Grafenricht. Auf dem Blattgebiet Bruck i.d. Opf. bestanden Sandsteinbrüche auf „Amberger Tripel" südwestlich Neuenschwand, ostsüdöstlich Warmersdorf am Kneiblitzberg, nördlich Schöngras, westlich Bodenwöhr am Schießlkeller, nordöstlich Bruch (– hier außerdem Abbau von Knollensand), westlich Vorderrandsberg (– ebenfalls mit Sandabbau verbunden). Verwendung fanden diese Gesteine früher als Bau- und Mauersteine und für den Straßengrundbau.

Knollensandstein und Hornsandstein (733)

Der Knollensandstein trägt seinen Namen wegen der für ihn charakteristischen Bildungen kieselig bis kalkig gebundener Sandsteinknollen. Bei dem darüber folgenden Hornsandstein hat eine oft zu beobachtende hornsteinartige Verfestigung zu diesem Namen geführt. Stratigraphisch lassen sich diese beiden Schichtglieder, zusammen mit den an der Basis liegenden Reinhausener Schichten, in das Unterturon einstufen. Lokal angereicherte Schalen von Meeresmuscheln zeigen an, daß es sich um Sedimente des Kreidemeeres handelt.

Das Verbreitungsgebiet des unterturonen Knollensandes bzw. -sandsteins und des Hornsandsteins ist wie beim Regensburger Grünsandstein und den Reinhausener Schichten wiederum die Umgebung von Regensburg, wenn auch flächenmäßig stärker eingeschränkt durch eine weiter fortgeschrittene Erosion im höheren Abschnitt des Kreideprofils. Diese Gesteine reichen jedoch in beträchtlicher Mächtigkeit bis in die Gegend von Sulzbach-Rosenberg und in die Bodenwöhrer Senke, wo sie durch tektonische Absenkung vor der Abtragung besser geschützt waren.

Die Mächtigkeit des Knollensandsteins bzw. des Knollensandes beträgt in der Regensburger Gegend 11,5–22 m, bei Amberg 10–27 m, bei Bodenwöhr 15 m und bei Roding 8–12 m. Der Hornsandstein erreicht im Regensburger Raum selten mehr als 1 m, bei Amberg bis zu 3 m, bei Bodenwöhr 6–12 m und bei Roding 2–3,5 m.

Gesteinsausbildung und Eigenschaften: Die Gesteinsausbildung kann beim Knollensandstein, ähnlich den liegenden Reinhausener Schichten, ein dichter, sehr zäher, splittrig brechender, sandreicher Kieselkalk sein, weshalb er mit diesen teilweise zusammengefaßt wird. Oft liegen jedoch lockere, auffallend gleichkörnige, mittel- bis feinkörnige, z.T. auch grobkörnige

Quarzsande vor, mit Andeutungen eines schwachen Kaolinitgehalts und etwas Glaukonit. Durch karbonatisches Bindemittel sind die Quarzkörner stellenweise zu Sandstein verfestigt. Zahlreiche graue bis braune kieselige Kalksandsteinknollen oder Quarzitknollen von Hühnerei- bis Kopfgröße sind in dem gelblichgrauen, seltener schmutzigweißen, grünlichen oder gelblichen Gestein eingelagert. Der Hornsandstein ist ein sehr grobkörniger quarzitischer Quarzsandstein, ein Feinkonglomerat oder ein grobsandiger, feinkonglomeratischer Kalk oder Mergelkalk. Örtlich steht er auch als lockerer Grobsand bis Feinkies an.

Die technischen Eigenschaften des Knollensandsteins und des Hornsandsteins hängen natürlich stark vom Grade ihrer Verfestigung ab. Nur wo diese durch Karbonat oder Kieselsäure weit fortgeschritten ist, sind druckfeste Gesteine entstanden.

Gewinnung und Verwendung: Verwendung fand der Knollensandstein in Kieselkalk- oder Kalksandsteinfazies als Baustein (z.B. Steinbrüch westlich und westnordwestlich Einsiedelei „Frauenbründl" bei Bad Abbach), in lockerer Ausbildung diente er früher der Gewinnung von Fegsand (Gruben auf der Kuppe des Reinhausener Berges bei Regensburg). Heute wird er als Sandstein nicht mehr genutzt. In der Umgebung von Bodenwöhr hatte Knollensand in feinkörniger toniger Ausbildung früher noch eine Bedeutung als Formsand. In grobkörniger Ausbildung spielt er heute eine Rolle als Bausand (s. Nr. 804).

Sandsteine des Oberen Turon (und älter) (734)

(z.B. Seugaster Sandstein)

An vielen Stellen des Regensburger Raumes, der Freihöls-Bodenwöhrer Senke und der Vilsecker Kreidemulde sind die sandigen Ablagerungen des Oberturon hinreichend verfestigt, daß sie früher zu einem regen Sandsteinabbau Anlaß gaben. Diese Sandsteine waren als Bausteine oder Werksandsteine beliebt und sind mit verschiedenen Lokalnamen belegt worden. Eine genaue altersmäßige Zuordnung ist oft nicht möglich.

Großberger Sandstein

Dieser Sandstein, Kalksandstein oder Sandkalkstein weist braune, seltener gelbliche und grünliche Farbe auf, ist mittel- und grobkörnig und enthält zahlreiche Fossilreste, örtlich auch Glaukonit. Die Lagerung ist dick- bis dünnbankig, wobei eine auffallende Diagonalschichtung festzustellen ist.

Der Großberger Sandstein hat mit 30–40 m Mächtigkeit seine Hauptverbreitung im Raum Bad Abbach. Große stillgelegte Brüche in diesem Sandstein liegen auf der Großberger Höhe und südlich der Straße Poign-Weillohe. Sie lieferten Bausteine und Material zum Wegebau.

Freihölser Feldspatsandstein

Es handelt sich um einen hellgrauen bis hellgelbbraunen, mittel- bis grobkörnigen, z.T. auch kiesführenden Sandstein, der meist reich an großen Feldspäten ist und in massiger bis dickbankiger, teils auch dünnbankiger Ausbildung vorkommt.

Aufgelassene Steinbrüche liegen südwestlich Schwarzenfeld, insbesondere westlich und nördlich des Bahnhofs Irrenlohe.

Bodenwöhrer, Windmaiser und Oberkreither Sandstein

Diese grauen bis gelblichen, oft massigen bis sehr dickbankigen Sandsteine sind fein- bzw. mittel- bis grobkörnig und teilweise reich an Quarzgeröllen. Feldspäte treten meist zurück. Sandsteinlagen von vielen Metern Mächtigkeit werden durch weiße, gelbe, rötliche und dunkle Tonlagen getrennt. Folgende aufgelassene Steinbrüche sind bekannt:

In der Gegend von Wackersdorf: Südöstlich Taxöldern (Forstabteilung „Hohe Brunst"), zwischen Erzhäuser und Turesbach sowie nördlich Erzhäuser.

Im Gebiet von Neukirchen-Balbini: Südöstlich Windmais im Pentinger Forst (Forstabteilung „Kreuzlohe"), am Kaiser-Weiher, um den Weiler Rothsal und bei der Fronauermühle.

Bei Cham: Umgebung von Oberkreith (ca. 10 m mächtiger Oberkreither Werksandstein) und bei Piendling.

In der Nähe von Roding: Östlich und südöstlich von Roding.

Sandsteine der Oberen Michelfelder Schichten und der höheren Ehenfelder Schichten

Die Oberen Michelfelder Schichten bei Auerbach stellen eine Abfolge von fein- bis grobkörnigem Quarzsandstein (teils verkieselt), von Bunttonen und tonigen Sanden und von hellem und rötlichem Quarz-Feldspatsand dar (teils verkieselt oder limonitisch verfestigt). In ähnlicher Ausbildung erreicht das Obere Turon auf der Hochfläche der Nördlichen Frankenalb eine beträchtliche Verbreitung, vor allem im Raum Pegnitz, Auerbach, Pommelsbrunn, Pottenstein, Betzenstein und im Gebiet um Hollfeld – in der Vilsecker Kreidemulde als Ehenfelder Schichten. Harte quarzitische Sandsteine sind oft durch unregelmäßige Einkieselung, Klüftung, Verwitterung und Erosion in einzelne Blöcke aufgelöst und ragen aus der Kreideüberdeckung. Sie werden als Kallmünzer bezeichnet. Irgendwelche bedeutenden Abbaue sind in diesen Schichten derzeit nicht bekannt.

Hiltersdorfer und Seugaster Sandstein

Im Amberger Raum schließt das Oberturon mit dem 5–7 m mächtigen Hiltersdorfer Sandstein ab, der unter marin-brackischen Bedingungen entstanden ist. Mittel- bis grobkörnige Quarz-Feldspat-Glimmersandsteine gehen in drei Zyklen nach oben in feinkörnige Sandsteine mit Glaukonit über. Diese Sandsteine wurden früher in zwei Steinbrüchen südwestlich Hiltersdorf, an der Straße zum Bahnhof, abgebaut.

Im Raum Hirschau und Kaltenbrunn wird das jüngste Oberturon durch den Seugaster Werksandstein gebildet, der 16 m Mächtigkeit erreichen kann. Es handelt sich um einen gelben, mittelfein- bis mittelkörnigen, mäßig festen, wetterbeständigen Sandstein, der als Baustein und Werkstein geschätzt war. Dieser Sandstein wurde in einer Reihe großer Steinbrüche südlich von Seugast abgebaut, außerdem im „Kaiserschlag" westlich von Seugast. Es wurden daraus u.a. Fenster- und Türeinfassungen, Schwellen und Sockelsteine hergestellt. Der Abbau ruht seit dem Jahre 1950.

Knölling – Jedinger Sandstein (735)

Westlich und südwestlich von Schmidgaden streicht über dem Cardienton des unteren Coniac eine Sandsteinserie aus, die bei Knölling als grobkörniger brauner Sandstein mit eingestreutem Feinkies und ausgeprägter Schrägschichtung vorliegt. Darüber folgt eine feinkörnigere Sandsteinfazies, die bei Jeding aufgeschlossen ist. Dort wurde früher ein 6 m mächtiger, heller, massiger oder dickbankiger, gleichmäßig feinkörniger Glaukonitsandstein abgebaut, der als Baustein und Werkstein sehr beliebt war.

Auerbacher Kellersandstein (736)

Die in der Umgebung von Auerbach früher zur Anlage großer Felsenkeller benützte und in das Santon gestellte Sedimentserie erreicht maximal 30–40 m Mächtigkeit. Sie wird durch einen pflanzenführenden Ton (Hauptbuntton) in den Unteren und Oberen Auerbacher Kellersandstein gegliedert. Es handelt sich um Gesteine, die aus fein- bis sehr grobkörnigen Quarz-Feldspatsanden hervorgegangen sind. Im oberen Teil kommen auch große Feldspäte und Quarzgerölle vor.

Südsüdwestlich von Pegnitz liegt z.B. am „Kühkopf" ein aufgelassener Steinbruch im Oberen Auerbacher Kellersandstein, aus dem über lange Zeit hinweg ein Sandstein gewonnen wurde, der in den umliegenden Dörfern zum Häuserbau verwendet wurde (v. FREYBERG 1961).

Quartäre Sandsteine und Konglomerate

(ULRICH LAGALLY)

Nagelfluh (Alt-, Mittel- und Jungpleistozän) (740)

Ein im Voralpenland weit verbreiteter und früher sehr begehrter Werkstein ist die Nagelfluh, ein meist grobes Konglomerat, das verfestigte Schotter verschiedener, überwiegend älterer, quartärer Vereisungsphasen repräsentiert. Aufgrund der glazialen Entstehung sind die Vorkommen auf das Verbreitungsgebiet eiszeitlicher Ablagerungen südlich der Donau begrenzt. Die vor allem im Allgäu sehr häufigen Konglomerate der subalpinen Molasse-Zone, die im Raum westlich der Iller am Gebirgsbau wesentlich beteiligt sind und dort ebenfalls als Nagelfluh bezeichnet werden, haben nur selten wirtschaftliches Interesse erweckt und werden ebenso wie die ähnlich ausgebildeten Grobkonglomerate der ungefalteten Molasse meist nur lokal zu Schüttzwecken gewonnen.

Nagelfluhbildungen finden sich in Ablagerungen nahezu aller quartären Vereisungen. Vor allem Schotter der Riß- und älterer Eiszeiten sind, besonders an Talflanken, durch aus dem Grundwasser ausgefälltes Calciumcarbonat verfestigt. Diese verbackenen Schotter bilden mehrere Meter starke Bänke, die Steilstufen und Überhänge verursachen. Sandärmere Varietäten finden sich vorwiegend im Verbreitungsbereich der Deckenschotter und Hochterrassen, während nach Süden zu der Anteil an feinkörnigem Material deutlich zunimmt; dort sind grobe Gerölle

oft in eine sandig-kalkige Grundmasse eingebettet. Auch die Mächtigkeit der verfestigten Lagen, die im Norden selten mehrere Meter überschreitet, kann sich zum Alpenrand hin bis auf mehrere 10er Meter vergrößern.

Die vorwiegend nur über geringe Erstreckung homogen ausgebildeten Nagelfluhkörper liegen meist außerhalb des Grundwasserbereiches; jedoch ist innerhalb der Schotterkörper, wo auch der Grad der Verfestigung abnimmt, sowie unterhalb der Talböden mit dem Zutritt von Grundwasser zu rechnen. Wie die meisten präwürmeiszeitlichen Ablagerungen Südbayerns sind auch die älteren Nagelfluhvorkommen mit (Löß-) Lehm oder Moräne unterschiedlicher Mächtigkeit überdeckt.

Gesteinsausbildung und Eigenschaften: Von den ehemals zahlreichen Gewinnungsstellen im Alpenvorland steht heute nur noch das Vorkommen am Biber bei Brannenburg am Inn in Abbau, das hier im folgenden näher besprochen werden soll.

Die „Biber-Nagelfluh" ist eine präwürmeiszeitliche, wahrscheinlich der Rißeiszeit zuzurechnende Deltaablagerung, deren Schichtung mit ca. 25° nach Nordnordwesten einfällt und die eine Mächtigkeit von 50–60 m erreicht. Eine großrhythmische Bankung in der Größenordnung von 3–4 m ist deutlich zu beobachten; dabei treten vornehmlich Sandsteine, geröllführende Sandsteine und Konglomerate auf. Grobsandige Lagen bestehen im wesentlichen aus eckigen bis kantengerundeten Quarzkörnern, daneben Glimmer und Gesteinsbruchstücken und lassen eine Schichtung im cm- bis dm-Bereich erkennen. Konglomeratische Partien bestehen zu ca. 60% aus Geröllen und 40% Grundmasse. Der Hauptanteil der Gerölle – überwiegend zentralalpines Kristallin – hat Durchmesser von 1 cm bis 5 cm, vereinzelt bis über 10 cm. In der meist sandig-kalkigen Matrix überwiegen Kiesel unter 1 cm.

Die Biber-Nagelfluh hat eine durchschnittliche Dichte von 2,25 g/cm^3. Die Druckfestigkeit liegt im Mittel bei 32 N/mm^2, die Wasseraufnahme bei ca. 1 Gew.-%. Aufgrund der inhomogenen Ausbildung des Gesteins ist jedoch der Streubereich dieser Werte relativ groß. Es verbindet sich wegen seiner Rauhigkeit sehr gut mit Beton und weist eine hohe Tragfähigkeit, betonähnliche Eigenschaften und Frostbeständigkeit auf.

Die Ausbildung der Nagelfluh variiert regional und nach ihrem Alter stark. Dies macht sich vor allem im Geröllspektrum bemerkbar, das je nach Einzugsgebiet der Gletscher und Alter der Vereisung sehr unterschiedlich sein kann. Während im Bereich des Inn – Chiemseegletschers, des Rheingletschers und ihres Vorlandes höhere Anteile an Kristallingeröllen unterschiedlicher Farbtöne vorkommen, treten in den übrigen Gebieten kalkalpine Schüttungen in den Vordergrund, wodurch diese Ablagerungen ein monotoneres Aussehen aufweisen. Aufgrund unterschiedlicher Grundmasse, Bindemittel und Grobkomponenten finden sich alle Übergänge vom harten, gut bearbeitbaren, dekorativen Werkstein zum leicht zerfallenden, monotonen Schüttmaterial.

Gewinnung und Verwendung: Früher war Nagelfluh ein beliebter Baustein, der häufig zum Haus- und Brückenbau verwendet wurde. Abbaustellen, die heute alle stilliegen oder höchstens gelegentlich der Schotterent-

nahme dienen, lagen im Raum Ramsau-Reichenhall, zwischen Salzach und Alz, bei Miesbach, Mittenwald und Garmisch sowie im Allgäu vor allem im Kemptener Raum. Die Brüche bei Höllriegelskreuth, Grafing, Dietramszell und Happerg lieferten Bausteine für den Münchner Raum und deckten den lokalen Bedarf an Schotter.

Am Biber bei Brannenburg sind drei Steinbrüche in Betrieb, in denen Nagelfluh gebrochen wird. Aufgrund der guten technischen Eigenschaften und des dekorativen Aussehens wird sie verwendet für Wandverkleidungen, Türstöcke, Fensterbänke, Bodenplatten etc. im Innen- und Außenbereich. Sie steht damit in Konkurrenz zu mehreren ausländischen Produkten, vor allem einer mittelgrauen, meist porösen Nagelfluh vom Alpensüdrand aus dem Raum Bergamo-Verona-Vicenza und besonders vom Iseo-See, die unter dem Handelsnamen „Ceppo" auf dem Markt ist. Nicht zur Weiterverarbeitung geeignete Blöcke werden als Wasserbausteine verwendet.

Sandsteine der Frühwürm

Neben den typischen pleistozänen nutzbaren Ablagerungen wie Sand, Kies, Nagelfluh, Seeton und (Löß-)Lehm finden sich sehr selten quartäre Sandsteine, die zeitweise als natürliche Bausteine von Interesse waren. Ihr ehemals wichtigstes Vorkommen liegt nördlich von Mittenwald bei der Husselmühle.

Bei den als sog. „Kofelstein" früher in mehreren Brüchen gewonnenen Kalksandsteinen handelt es sich um verfestigte Sandlagen, die in einer mehrere 10er-Meter mächtigen Abfolge von „Seekreide" (Nr. 007), Sand und Kies liegen. Die Sedimente sind als Staubeckenbildungen des Frühwürms anzusprechen, wobei Sand- und Kieseinschaltungen auf unruhigere Ablagerungsbedingungen hinweisen. Ihre Verfestigung erfuhren die Kalksandlagen durch den Überlagerungsdruck von mindestens 800 m Eis während der Hauptphase der Würmvereisung. Die Abbaustellen liegen heute still bzw. sind verfüllt.

Literatur

Apel, R. (1966): Geologische und sedimentpetrographische Untersuchungen auf Blatt Langquaid 7138 (Niederbayern). – Diplomarbeit (Inst. f. Allg. u. Angewandte Geologie u. Mineralogie der Univ. München), München 1966.

Arnold, A. (1965): Das Maintal zwischen Haßfurt und Eltmann. Seine kultur- und wirtschaftsgeographische Entwicklung von 1850 bis zur Gegenwart. – Jb. Geogr. Ges. Hannover **1965**, 285 S., Hannover 1967.

Bauberger, W. & Cramer, P. (1961): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000, Blatt Nr. 6838 Regenstauf. – 220 S., 11 Abb., 2 Beil., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1961.

Bauberger, W., Cramer, P. & Tillmann, H. (1969): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000, Blatt Nr. 6938 Regensburg. – 414 S., 33 Abb., 17 Tab., 9 Beil., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1969.

Bauberger, W. & Streit, R. (1982): Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 6538 Schmidgaden. – 186 S., 30 Abb., 5 Tab., 11 Beil., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1982.

BAUSCHINGER, J. (1874): Mitteilungen aus dem Mechanisch-Technischen Laboratorium der K. Polytechnischen Schule in München – 4 H., München 1874.

BAYERISCHES OBERBERGAMT (GEOLOGISCHE LANDESUNTERSUCHUNG) (1924): Die nutzbaren Mineralien, Gesteine und Erden Bayerns. – I. Band, Frankenwald, Fichtelgebirge und Bayerischer Wald. – 220 S., München (Oldenbourg und Piloty & Loehle) 1924.

BAYERISCHES OBERBERGAMT (GEOLOGISCHE LANDESUNTERSUCHUNG) (1936): Die nutzbaren Mineralien, Gesteine und Erden Bayerns, II. Band, Franken, Oberpfalz und Schwaben nördlich der Donau. – 512 S., 1 Übersichtskarte, 62 Abb., 25 Bildtaf., 2 Kartentaf., München (Oldenbourg und Piloty & Loehle) 1936.

BERGER, K., HAUNSCHILD, H., HÜTTNER, R., SCHMITT-KALER, H. & WAGNER, G. (1977): Geologische Übersichtskarte 1:200 000, Blatt CC 7126 Nürnberg. – Hannover 1977.

BERGER, K. (1981): Keuper. – In: Bayerisches Geologisches Landesamt: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:500 000, 3. Aufl., 40–54, München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1981.

DELIUS (1760): Nachricht von den Steinbrüchen bey Erlangen. – Fränk. Samm., **5,** 30. Stück: 509–521, Nürnberg 1760.

EMMERT, U. & WEINELT, W. (1962): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000 Blatt Nr. 5935 Marktschorgast. – 286 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1962.

EMMERT, U. (1964): Keuper. – In: Bayerisches Geologisches Landesamt: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:500 000, 2. Aufl.: 91–120, München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1964.

EMMERT, U. (1969): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000 Blatt Nr. 6428 Bad Windsheim. – 172 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1969

EMMERT, U. (1977 a): Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 6035 Bayreuth. – 180 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1977.

EMMERT, U. (1977 b): Faziestypen der Schilfsandstein-Schichten (Mittlerer Keuper) und ihre Genese. – Jber. Mitt. Oberrhein. geol. Ver., N.F. **59**: 195–203, Stuttgart 1977.

FREYBERG, B.v. (1951): Zur Stratigraphie und Fazieskunde des Doggersandsteins und seiner Flöze. – Geologica Bavarica, **9,** 108 S., München 1951.

FREYBERG, B.v. (1964): Erdgeschichtliches Profil des Walzenbruches (Eltmanner Sandstein, Keuper der Haßberge). – Geol. Blätter NO-Bayern, **14**: 20–30, Erlangen 1964.

FREYBERG, B.v. (1965): Der Coburger Bausandstein (Mittl. Keuper) von Zeil-Ebelsbach als Beispiel einer epikontinentalen Schichtenfolge. – Erlanger geol. Abh., **58,** 59 S., Erlangen 1965.

FREYBERG, B.v. (1968): Zur Keuperstratigraphie von Ebelsbach und Ziegelanger (Main). – Geol. Blätter NO-Bayern, **18**: 49–53, Erlangen 1968.

FREYBERG, B.v. (1977): Des Eobanus Hessus nürnbergische Steinbruchsbeschreibung vom Jahre 1532. – Geol. Blätter NO-Bayern, **27**: 49–71, Erlangen 1977.

FREYBERG, B.v. (1980): Zur Steinbruchsgeschichte in und um Erlangen. – Erlanger Bausteine zur fränkischen Heimatforschung, **27,** 138 S., Erlangen 1980.

FROSCH, H. (1936): Die Bausandsteine der Bayreuther Landschaft. – Bayreuther Land, **10**: 96–99, 133–134.

FÜRST, M. (1956): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000 Blatt Nr. 6135 Creußen. – 52 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1956.

GUDDEN, H. (1955): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000 Blatt Nr. 5834 Kulmbach. – 154 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1955.

HAARLÄNDER, W. (1962): Der Burgsandstein des Burgberggebietes in Erlangen. Mit geol. Spezialkarte. – Geol. Bl. NO-Bayern, **12**: 16–56, Erlangen 1962.

HASSELMANN, F. (1888): Die Steinbrüche des Donaugebietes von Regensburg bis Neuburg. – 42 S., München (Eduard Pohl's Verl.) 1888.

HAUNSCHILD, H. (1971): Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 6527 Burgbernheim. – 143 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1971.

HAUNSCHILD, H. (1976): Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 6327 Markt Einersheim und zum Blatt Nr. 6427 Uffenheim. – 139 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1976.

HAUNSCHILD, H. (1979): Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 6928 Weiltingen. – 87 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1979.

HAUNSCHILD, H. & WEISER, T. (1977): Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 6929 Wassertrüdingen. – 99 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1977.

HEGENBERGER, W. (1968): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000 Blatt Nr. 5833 Burgkunstadt. – 175 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1968.

HEGENBERGER, W. (1969): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000 Blatt Nr. 5926 Geldersheim. – 127 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1969.

HELING, D. (1965): Zur Petrographie des Schilfsandsteins. – Beitr. Mineral. Petrogr., **11**: 272–296, 1965.

HERM, D. (1979): Die süddeutsche Kreide – Ein Überblick. Aspekte der Kreide Europas. – IUGS Series A, **6**: 85–106, Stuttgart 1979.

HIRSCHWALD, E. (1911): Handbuch der bautechnischen Gesteinsprüfung. – 1. Bd., II. Teil, Berlin 1911.

HOFFMANN, D. (1970): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000 Blatt Nr. 5831 Seßlach. – 106 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1970.

HOFMANN, H. (1955): Der Steinbruch in Obernesselbach. – Rund um den Petersberg (Beil. zur Windsheimer Ztg.) Nr. 168, 23. Juli 1955.

HÖHL, G. (1957): Die besonderen Erwerbsarten im nördlichen Hohen Steigerwald. Ein Beitrag zur Wirtschaftsgeographie des Steigerwaldes. – In: Berichte zur Deutschen Landeskunde, **19**: 12–28, Remagen 1957.

HÖRAUF, H. (1959): Zur Stratigraphie und Paläogeographie des Doggersandsteins in der Fränkischen Alb. – Erlanger geol. Abh., **30**: Erlangen 1959.

HÖRAUF, H. (1972): Ein wichtiger Doggersandsteinaufschluß am Dillberg. – Geol. Bl. NO-Bayern, **22**: 129–136, Erlangen 1972.

JANETZKO, P. & ROLOFF, A. (1970): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000 Blatt Nr. 5931 Ebensfeld. – 83 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1970.

KOSCHEL, R. (1970): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000 Blatt Nr. 6031 Bamberg Nord. – 167 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1970.

LANG, M. (1970): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000 Blatt Nr. 6131 Bamberg Süd. – 150 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1970.

MARCZINSKI, R. (1969): Untersuchungen im Westteil der Bodenwöhrer Senke (Opf.). – Geologica Bavarica, **60**: 172–187, 4 Abb., München 1969.

MARIOLAKOS, J. (1969): Hydrogeologische Verhältnisse des Blattes Haßfurt. – Erlanger geol. Abh., **74**, 50 S., Erlangen 1969.

MEHLING, G. (1973): Unter Mitarbeit von APPEL, L.†, BAUR-CALLWEY, K., FUCHS, R., MÜLLER, F., OBERMAIER, J. & WEBER, S.: Naturstein-Lexikon. – 648 S., München (Verlag Georg D.W. Callwey) 1973.

MEYER, R. & SCHMIDT-KALER, H. (1981): Dogger. – In: Bayerisches Geologisches Landesamt: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:500 000, 3. Aufl.: 58–61, München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1981.

MINERALOGISCHES LABORATORIUM und GEOLOGISCHE SAMMLUNG DER KGL. TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZU MÜNCHEN (1896): Nutzbare Gesteine und Mineralien des Königreichs Bayern auf der Bayer. Landes-Industrie-, Gewerbe- und Kunst-Ausstellung zu Nürnberg 1896. – S. 1–9, München (Nationale Verlagsanstalt, Buch- und Kunstdruckerei, Act.-Ges., München–Regensburg) 1896.

MÜLLER, F. (o. J.): Internationale Naturstein-Kartei. – Konglomerate, Breccien, Sandstein, Kalksandstein, Schiefer, 6. Bd., Ulm (Ebner-Verlag).

MÜLLER, F. (1983): Der Stein der Stadt Nürnberg. Untererlbacher Sandstein und Worzeldorfer Quarzit. – Naturstein **1983/5**: 397–402.

MÜLLER, M. (1961): Die Entwicklung von Malm und Kreide im Raum Parsberg-Kallmünz (Oberpfalz). Nebst Untersuchungen über den Ablauf der postjurassischen Tektonik. [Mit geol. Spezialkarte 1:25 000]. – Erlanger geol. Abh., **40**, 48 S., 19 Abb., 2 Fototaf., Erlangen 1961.

OEBBEKE, K. (1896): Nutzbare Gesteine und Mineralien des Königreiches Bayern auf der Bayerischen Landes-Industrie-, Gewerbe- und Kunst-Ausstellung zu Nürnberg 1896, ausgestellt v. Mineralog. Laboratorium und der Geolog. Sammlung der Kgl. Techn. Hochschule zu München. – München 1896.

OKRUSCH, M & WEINELT, WI. (1965): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000 Blatt Nr. 5921 Schöllkrippen. – 327 S., 33 Abb., 10 Tab., 3 Beil., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1965.

OSCHMANN, F. (1958): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000 Blatt Nr. 7038 Bad Abbach. – 184 S., 2 Abb., 3 Taf., 5 Beil., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1958.

REIS, O.M. (1935): Die Gesteine der Münchner Bauten und Denkmäler. – Ges. f. bayer. Landeskde., **7–12,** XI + 243 S., 41 Abb., München 1934.

RUTTE, E. (1957): Einführung in die Geologie von Unterfranken. – 168 S., Würzburg 1957.

RUTTE, E. (1962): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000 Blatt Nr. 7037 Kelheim. – 243 S., 25 Abb., 3 Beil., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1962.

SALGER, M. (1965): Zur Petrographie des Schilfsandsteins. – Geologica Bavarica, **55**: 169–178, München 1965.

SCHMIDT-KALER H. (1974): Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 6634 Altdorf. – 152 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1974.

SCHNEIDER, E. (1954): Der Doggersandstein zwischen Burglengenfeld und Schwandorf. – Geol. Bl. NO-Bayern, **4**: 128–136, Erlangen 1954.

SCHNITZER, W.A. (1959): Lithologische Untersuchung an Bausteinen der Nürnberger Burg. – Jb. Fränk. Landesforsch., **19**: 367–369, Kallmünz 1959.

SCHRÖDER, B. (1976): Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 5829 Hofheim i. UFr. – 116 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1976.

SCHWARZMEIER, J. (1978): Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 6024 Karlstadt und Blatt Nr. 6124 Remlingen. – 155 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1978.

SCHWARZMEIER, J. (1979): Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 6123 Marktheidenfeld. – 174 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1979.

SCHWARZMEIER, J. (1979): Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 6123 Marktheidenfeld. – 174 S., 31 Abb., 9 Tab., 6 Beil., München (Bayer. Geol. L.-Amtl) 1979.

SCHWARZMEIER, J. (1981): Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 6027 Grettstadt. – 126 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1981.

SCHWARZMEIER, J. (1981): Buntsandstein. – In: Bayerisches Geologisches Landesamt: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:500 000, 3. Aufl.: 41–46, München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1981.

STOIS, A. (1959): Ein Gutachten über den Gailnauer Stein. – Die Linde, **41**, Nr. 3: 20–23, Rothenburg o. Tbr. 1959.

STREIM, W. (1961): Malm und Oberkreide auf Blatt Laaber. Die Umbiegung der Frankenalb nordwestlich von Regensburg. – Erlanger geol. Abh., **39**, 26 S., 8 Abb., 1 geol. Kt. 1:25 000, Erlangen 1961.

TILLMANN, H. (1964): Kreide. – In: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:500 000. – 2. Aufl., 141–161, München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1964.

TRUSHEIM, F. (1936): Die geologische Geschichte Südostdeutschlands während der Unterkreide und des Cenomans. – N. Jb. Mineral. etc., Beil. – Bd. **75**, Abt. B., 1–109, Stuttgart 1936.

WEBER, K. (1978): Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 7137 Abensberg. – 386 S., 45 Abb., 9 Tab., 3 Beil., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1978.

WOLFF, H. (1973): Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 8238 Neubeuern. – 352 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1973.

Kiese und Sande

Verwendung von Kiesen und Sanden

Kiese und Sande sind ein überaus wichtiger Rohstoff, der in den verschiedensten Bereichen der Bauindustrie, daneben aber auch in anderen Industriezweigen vielfältige Verwendung findet. Die wichtigsten Verwendungsarten von Kies und Sand sollen hier in Form einer Kurzübersicht der Beschreibung der Lagerstätten vorangestellt werden. (Quelle: Informationsblatt des Bundesverbandes der Kies-, Sand- und Mörtelindustrie e.V., Duisburg; – gekürzt).

Baukies, Bausand (ca. 95%):

Hoch- und Tiefbau: Zuschlag für Beton und Mörtel verschiedener Ausführung und Güteklassen, Kalksandstein-Zuschlag

Straßenbau u.a.: Tragschichtkies, Splitt für Straßendecken, Frostschutzkies, Dammschüttmaterial, Gleisunterbau, Drainagekies

Betonstein-Industrie: z.B. Vollsteine, Formsteine, Pflastersteine, Gehwegplatten, Betonrohre, Brunnenringe, Bau-Fertigteile versch. Art, Betonwerksteine versch. Art und zahlreiche weitere Erzeugnisse

Zementindustrie, Ziegelindustrie: Jeweils Sand als Rohstoffzusatz

Spezialsand (ca. 5%):

Eisenschaffende und Gießereiindustrie: Formsand, Kernsand

Chemische Industrie: Kleber, Binder, Reinigungsmittel, Waschmittel, Katalysatoren, Filter, Spachtelmassen, Farben u.v.a. Erzeugnisse

Glas-Industrie: Verschiedenste Glasarten, Glasbausteine, Glaswolle, Glasfliesen, Glasfaser-Armierung, Feinglas (z.B. Optik)

Keramische Industrie: Feuerfeste Massen versch. Art, Elektrokeramik, Sanitärkeramik

Strahlsand

Sande und Mürbsandsteine des Mesozoikums

Sande des Buntsandsteins (800)

(ALBERT DOBNER)

Im Vorland des Frankenwaldes, des Fichtelgebirges und des Oberpfälzer Waldes treten in mehreren Gebieten Buntsandsteinvorkommen auf, so bei Neustadt bei Coburg bis Trebgast, bei Weiden bis Kolberg und bei Nittenau in der Bodenwöhrer Bucht. Die Gesamtmächtigkeit der Sedimentfolge des Buntsandsteins beträgt bei Kronach noch ca. 600 m, nimmt gegen Südosten mehr und mehr ab und erreicht bei Nittenau nur noch wenige Zehnermeter. Mit der Mächtigkeitsabnahme geht eine zunehmende Vergröberung einher. Die nach Korngröße und Verfestigungsgrad differenzierte Sedimentausbildung im Raum Coburg weicht nach Südosten einer immer einheitlicher werdenden mürben Grobsandsteinabfolge. Der Obere Buntsandstein erlangte als Sandlagerstätte nur früher örtliche und geringe Bedeutung. Dieser Umstand ist auf die stark tonige Ausbildung (Röttonsteine) im Norden des Verbreitungsgebietes und seine häufig quarzitisch verfestigten Horizonte sowie die Karneolführung im Süden zurückzuführen. Der Mittlere Buntsandstein stellt demgegenüber eine überregional bedeutende Lagerstätte für vielseitig verwendbare Sande dar. Der Untere Buntsandstein, im Norden durch eine Wechsellagerung von Ton- und Sandsteinen gekennzeichnet, kann im Raum Weidenberg nicht mehr vom Mittleren Buntsandstein abgegrenzt werden und geht nach Süden in den permotriadischen Schichten auf. Bei entsprechender Ausbildung können die Schichten mit denen des Mittleren Buntsandsteins abgebaut werden.

Ausbildung und Eigenschaften: Im Raum Neustadt b. Coburg – Kronach – Kulmbach – Trebgast bilden in erster Linie die mürben Sandsteine des Kulmbacher Konglomerates, das dem Volpriehausener Geröllsandstein entspricht, mit den darüberfolgenden schwach verfestigten und geröllarmen Sandsteinschichten des Mittleren Buntsandsteins eine über 80 m mächtige Sandlagerstätte. Die Farbe der mittel- bis grobkörnigen Sandsteine ist bunt und reicht von weiß über gelb bis zum kräftigen Rot. Neben Quarz als Hauptbestandteil ist die Feldspatführung, die bis ca. 30% betragen kann, charakteristisch. Davon stellt Kalifeldspat mit über 80% den Hauptanteil, der Rest sind Kalk-Natron-Feldspäte. Das Korngrößenmaximum liegt zwischen 0,3 und 1,5 mm. Im feuchten Zustand verleihen die abschlämmbaren Bestandteile dem Sand eine gewisse Bindigkeit. Der Kiesanteil (> 2 mm) liegt in der Regel unter 20% und übersteigt nur in Ausnahmefällen diesen Wert.

Der südlich Trebgast an Störungen abgesetzte Buntsandsteinstreifen setzt nach einer Unterbrechung von wenigen Kilometern nördlich von Weidenberg als sog. Weidenberger Buntsandsteinzug wieder ein. Dieses Vorkommen erstreckt sich bis fast nach Kemnath und wird überwiegend vom Mittleren und Unteren Buntsandstein aufgebaut, der hier eine Sandlagerstätte bildet. Allerdings ist diese Lagerstätte auf weite Strecken von quartären Grobsedimenten überdeckt. Die Sedimentausbildung ähnelt der aus dem Raum Neustadt bei Coburg – Trebgast beschriebenen Lagerstätten.

In der Oberpfalz tritt der Buntsandstein im Raum Weiden – Grafenwöhr – Kaltenbrunn – Freihung – Kolberg zutage. Der im nördlichen Bereich dieses Raumes mit einer Mächtigkeit von 55–70 m ausstreichende Obere Buntsandstein ist als mittel- bis grobkörniger Quarz-Feldspatsandstein ausgebildet, wird aber wegen der häufig eingelagerten Tonsteine und tonigen Sandsteine nicht gewonnen. Eine wichtige Sand-Lagerstätte stellen die nach Süden anschließenden Schichten des Mittleren Buntsandsteins mit mehr als 100 m Mächtigkeit dar. Die mittel- bis grobkörnigen, mürben Sandsteine führen bevorzugt im unteren Teil des Profils, das als Äquivalent des Kulmbacher Konglomerates gilt, grobe Gerölle (Durchmesser bis > 10 cm). Die gelblich-weißen bis hellrötlichen Sandsteine enthalten neben Quarz bis über 20% Feldspat, der nach der Sedimentation teilweise in Kaolin umgewandelt sein kann, wobei die Kaolinisierung regional mit Annäherung an das kristalline Liefergebiet zunimmt.

Im Buntsandsteinzug, der am Nordrand des Naabgebirgsvorsprungs in Ost-West-Richtung streicht und noch eine Mächtigkeit von ca. 40 m erreicht, sind die Feldspäte weitgehend kaolinisiert. Gegenüber der Sandgewinnung tritt hier bei Hirschau-Schnaittenbach die Kaolingewinnung in den Vordergrund.

Der Buntsandstein am Rand der Bodenwöhrer Bucht hat nur eine vergleichsweise geringe Ausdehnung und wird bis jetzt nicht genutzt.

Gewinnung und Verwendung: Die Sande des Buntsandsteins werden abgebaut in mehreren Gruben um Neustadt bei Coburg, zwischen Mitwitz und Kronach, nördlich Kronach, bei Weißenbrunn, südlich von Trebgast bei Sandreuth, nördlich von Weidenberg bei Untersteinach, im Raum um Freihung und bei Hirschau – Schnaittenbach.

Die Gewinnung kann weitgehend im grundwasserfreien Bereich erfolgen, wenn die Gruben in günstigen Hangpositionen angelegt sind. Mit zunehmender Abbautiefe ist allerdings mit Grundwasserzutritt zu rechnen.

Verwendung finden die Sande in verschiedenen Bereichen der Bauindustrie und als Keramik- und Glasrohstoff. Unaufbereitet wird der Sand nur im Straßen- und Wegebau eingesetzt, wegen des erhöhten Feinkornanteils muß er z.B. für Betonzuschlag gewaschen und gesiebt werden. In den Grobsandsteinen liegt der Anteil der abschlämmbaren Bestandteile (< 0,063 mm) in der Regel zwischen 5 und 10%. In mittel- bis feinkörnigen Partien bei ca. 10–15% und in einzelnen Schichten auch darüber. Durch Herauswaschen des Feinkornanteils und Absieben der Kiese lassen sich auch Glassande mit einem SiO_2-Gehalt > 85% herstellen. Besonders bevorzugt werden die hellen, fast weißen, sehr eisenarmen Schichten, die durch selektiven Abbau gewonnen werden (Beispiel einer chemischen Analyse in Gew.-%):

SiO_2 90,50%, Al_2O_3 5,32%, Fe_2O_3 0,09%, TiO_2 0,05%, CaO 0,08%, MgO Spuren, K_2O 3,20%, Na_2O 0,16%, Glühverlust 0,60%

Die rötlich bis gelb gefärbten Schichten enthalten 0,3–0,5% Eisen und können nach der Aufbereitung nur als Rohstoff für farbige Gläser herangezogen werden. Die bei der Kaolingewinnung anfallenden Sande werden in verschiedenen Arbeitsgängen in ihre Bestandteile Quarz und Feldspat getrennt, die dann je nach

Reinheitsgrad des einzelnen Rohstoffs in unterschiedlicher Weise weiterverarbeitet werden (z.B. Quarz: Glas, Keramik, Form- und Kernsand, Wasserglas, Filtersand, Putze für Außen- und Innenbeschichtung, spezielle Betonfertigteile, oberflächenbehandelte Buntsande, Siliziumproduktion. Feldspat: Glas, Fritten und Glasuren, Füllstoff für Farben und Lacke, Porzellan).

Stand 2000

Sande des Sandsteinkeupers (801)

(HERMANN WEINIG)

Die Abteilung des Sandsteinkeupers wird von unten nach oben im wesentlichen durch die Schichtpakete (stratigraphischen Einheiten) des Blasensandsteins, des Coburger Sandsteins sowie die des Unteren, Mittleren und Oberen Burgsandsteins aufgebaut. Die Sandsteine dieser mit Abweichungen etwa 140–150 m mächtigen Schichtfolge prägen den Sandsteinkeuper und sind für ihn namengebend. Die Abfolge wird im Liegenden durch die roten Tone bzw. tonigen Schluffsteine der Lehrbergschichten (20–40 m mächtig), im Hangenden durch die Tone der noch dem Sandsteinkeuper zugerechneten Feuerletten (meist zwischen 20 und 60 m mächtig) abgegrenzt. Die Sandsteinfolgen sind flächenmäßig weit verbreitet: Sie bilden in söhliger Lagerung bzw. nur unmerklich nach Südosten einfallend alle Höhenrücken, Tafelberge und Dachflächen des weiten mittelfränkischen Keupergebietes, umlaufen in den Haßbergen und im Coburger Land die Nördliche Frankenalb und finden sich gebietsweise, teils in stärker geneigter Lagerung, im Bruchschollengebiet östlich der Frankenalb.

Die fazielle Ausbildung der o.g. stratigraphischen Einheiten wurde bereits bei der Behandlung der entsprechenden Sandsteine erörtert, weshalb an dieser Stelle darauf verwiesen sei (s. z.B. Nr. 713). Es sei hier lediglich wiederholt, daß die Sandsteinfolgen in allen Einheiten mehr oder weniger von Ton-Schluff-Feinsand-Zwischenlagen in meist unregelmäßiger Weise durchsetzt sind, deren Mächtigkeit von wenigen Zentimetern bis zu mehreren Metern reichen kann. Im allgemeinen liegen geschlossene Sandsteinfolgen von einigen Metern, etwa 3–7 m, seltener bis zu 10 m oder sogar bis zu 15 m und darüber vor. Andererseits tritt auch rasch aufeinander folgender Lagenwechsel von Sand- und Tonfazies oder überwiegende Tonfazies auf, z.B. in den nordwestlichen Verbreitungsgebieten des Blasensandsteins sowie des Unteren Burgsandsteins. Die Tonzwischenlagen – vor allem im Burgsandstein – sind nicht über längere Strecken horizontbeständig. Mit ihrem Auftreten muß grundsätzlich in allen Höhenlagen gerechnet werden.

Von den Sandsteinfolgen, die für eine Gewinnung von Sand in Frage kommen, ist vor allem die bis zu rund 100 m mächtige Folge des Burgsandsteins hervorzuheben, die nach dem Grad der Verfestigung sowie der Kornzusammensetzung die günstigsten Voraussetzungen aufweist: Die Schichtenfolge des Burgsandsteins liegt in sehr unterschiedlichem Grad der Verfestigung vor. Neben harten, tonig-kieselig gebundenen Sandsteinen treten halbfeste und mürbe Sandsteine oder auch weitgehend locker gelagerte Sande vor. Vorherrschend ist mürbe bis halbfeste Ausbildung. Gesetzmäßigkeiten der Verteilung von harten, mürben und lockeren

Lagen sind nicht zu erkennen. Die Übergänge vollziehen sich oft sehr rasch, sowohl in horizontaler wie in vertikaler Ausdehnung, wobei sich der Grad der Verfestigung vor allem an Schichtgrenzen ändern kann. Eine Abfolge von „locker" zu „fest" etwa nach der Tiefe hin scheint – zumindest für Profilhöhen bis zu 15 m, die etwa der Höhe von Abbauwänden entsprechen – nicht vorzuliegen oder ist nur in sehr abgeschwächtem Maß festzustellen. Allein die oberen 2–3 m zeigen besonders häufig deutliche Gefügelockerung.

Der Kornaufbau der Burgsandsteine ist ebenfalls raschem Wechsel unterworfen. Mittel- bis grobsandige Ausbildung herrscht jedoch vor. Sie ist zumindest in den südlichen und östlichen Teilen des mittelfränkischen Sandsteinkeupergebietes, aber auch in der Oberpfalz am häufigsten anzutreffen. Nach Nordwesten stellen sich auch Fein- und Mittelsande ein. Der Prototyp des Burgsandsteins, Mittel- und Grobsand in wechselnden Anteilen, kann auch schwach feinkiesig, geröllführend oder feinsandig-schluffig-tonig jeweils in wechselnden Anteilen ausgebildet sein. Im allgemeinen betragen abschlämmbare Bestandteile nur wenige Prozent. Nicht selten findet sich tonige Beimengung in Form von Kaolindurchstäubung, die von ganz oder teilweise zersetzten Feldspäten herrührt und bis zu 5%, im Sonderfall auch bis etwa 15% betragen kann. Kantiges bis kantengerundetes Quarzkorn stellt den Hauptanteil, während Feldspatbruchstücke kaum über 5% des Mineralbestandes ausmachen. Glimmer fehlt praktisch vollständig.

Die für die technische Verwendung z.T. wichtige Farbe wechselt zwischen hellgrau bis weißlich (bei Kaolindurchstäubung), beige- bis fleischfarben, blaßrötlich und kräftig braunrot bis violettrot. Blasse Rottöne sind häufig.

Die sandige Fazies des Blasen- und Coburger Sandsteins, die zusammen etwa 40 m mächtig werden und vor allem am westlichen Rand der Keuperstufe die Bergrücken bilden, wurden früher überall dort, wo der Coburger Sandstein nicht in feinkörnig-quarzitischer „Bausandstein"-Ausbildung (s. Nr. 712) vorliegt, mit dem Blasensandstein zu einer Einheit (Blasensandstein im weiteren Sinn) zusammengefaßt. Dies ist aus praktischer Sicht auch heute noch berechtigt.

Die Schichtpakete Blasensandstein und Coburger Sandstein sind im Vergleich zum Burgsandstein noch wechselhafter ausgebildet. Die im Durchschnitt weniger mächtigen geschlossenen Lagen sandiger Fazies sind sehr häufig – teils kieselig – verfestigt und bilden markante Bänke oder Bankfolgen. Mürbsandsteine liegen vor allem bei toniger Bindung vor. Erst im Süden und Südosten seines Verbreitungsgebietes setzt sich in der „Randfazies" mittel- und grobkörniger Sandstein durch. Insgesamt finden sich also in dieser Abfolge weniger mächtige und weiter verstreut liegende Vorkommen von Sandsteinen, die zu Sand aufzubereiten wären. Auf eine eingehendere Darstellung dieser nach Mächtigkeit, Korngröße, Bindemittel, Farbe und Härte sehr wechselhaft zusammengesetzten Abfolge sei daher verzichtet.

Gewinnung und Verwendung: Sande des Burgsandsteins, untergeordnet auch des Blasen- und Coburger Sandsteins wurden in seinem gesamten Verbreitungsgebiet in zahlreichen kleineren, teils nur kurzlebigen, verstreut liegenden Gruben abgebaut. Ein sehr bekannter, weithin verbreiteter Verwendungszweck der Sande bestand in seiner Verwendung als Feg- oder Stubensand: Der Sand wurde in die Stuben gestreut und zusammen mit dem anhaftenden Staub

etc. wieder ausgekehrt („Stubensandstein" wurde in Baden-Württemberg zum stratigraphischen Begriff, synonym zu „Burgsandstein"). Das kantige Korn ließ den Sand auch als Scheuermittel zur Anwendung gelangen. Daneben fanden tonfreie Sande auch als Mörtelzuschlag Verwendung. Ebenso stellten die Sande wegen ihrer teils leicht bindigen Konsistenz beim Bau von Feldwegen und Forststraßen einen idealen Baustoff dar, der seit jeher zum Einsatz kam und auch heute gern verwendet wird. Viele meist flach angelegte Gruben sind auch heute noch in Betrieb bzw. es werden je nach Bedarf Gewinnungsstellen geschaffen und wieder rekultiviert.

Nur ganz vereinzelt bestehen heute Gruben, die immer oder vorübergehend gewerblich genutzt werden. Zumeist handelt es sich um Zuschläge zu qualitativ höherwertigem Material, das in üblicher Weise als Bausand oder Betonzuschlag, gelegentlich auch zur Herstellung von Kalksandsteinen verwendet wird. Meist findet das Material Verwendung als Schüttmaterial oder im Straßenbau.

Als Besonderheit sei ein Abbau im Burgsandstein bei Neuhaus (südlich Creussen) erwähnt, aus dem kaolinhaltiger Sandstein zur Kaolingewinnung gefördert wird. In der Regel bewegen sich die Kaolingehalte des Burgsandsteins jedoch unter dem zur Kaolingewinnung interessanten Grenzwert, der bei etwa 10% liegt.

In Anbetracht der zunehmenden Verknappung quartären Fluß- und Flugsandvorkommen in Nordbayern könnten Sande des Burgsandsteins an Interesse gewinnen. Die Körnung der Sande entspricht vielen Anwendungsbereichen der Bauwirtschaft etwa als Betonzuschlagstoff oder bei der Herstellung von Kalksandsteinen.

Der Abbau des Materials wäre teils durch Reißen mit Bagger oder Raupe vorzunehmen, teils auch durch leichtes Ansprengen zu unterstützen. Das Rohgut müßte allerdings im Regelfall gewaschen werden. Bestehende Sandgruben oder Baggerseen in benachbarten Talauen könnten die anfallenden Schlämme aufnehmen.

Geeignete Sandvorkommen, d.h. mittel- bis grobkörnige Mürbsandsteine hinreichender Mächtigkeit, möglichst ohne Tonzwischenlagen mit wenig toniger Beimengung und je nach Verwendung von heller Farbe wären durch Prospektionsarbeiten (vor allem Bohrungen) zu erkunden und auf Abbauwürdigkeit zu untersuchen.

Die Gewinnung von Burgsandstein-Sanden kann nur im Trockenabbau erfolgen. Daher kommen für die Aufsuchung nur genügend hoch über den Talsenken gelegene Areale in Betracht, bei denen kein durchgehender Grundwasserkörper angetroffen wird.

Stand 2000

Sande des Rhät bzw. Rhätolias (802)

(HERMANN WEINIG)

Schichtaufbau und Verbreitung der sandigen Rhät- bzw. Rhätoliasschichten wurden bereits bei der Behandlung der Sandsteinvorkommen (Nr. 714) behandelt, weshalb hierauf verwiesen wird.

Die sandige Fazies dieser Schichtenfolge kann grundsätzlich zu Sandstein verfestigt, aber auch als leicht zu Sand zerfallender Mürbsandstein vorliegen. Gesetzmäßigkeiten in der Verteilung der Ausbildungsformen sind nicht zu erkennen: Harte, freistehende Sandsteinfelsen treten unmittelbar neben mürbem Material auf. Jedoch scheint sich das Auftreten genügend mächtiger Mürbsandsteine großräumig hauptsächlich auf das Gebiet des Vorlandes der Nördlichen Frankenalb zwischen Coburg und Kirchenthumbach sowie auf den Bereich der „Jurainseln" von Sonnefeld, Kulmbach und Bayreuth zu konzentrieren. Die Sande treten dort in der Abfolge des Gümbelschen Sandsteins (Unterer Schwarzer Jura) auf.

Die Sande erreichen Mächtigkeiten bis zu 20 m. Tone oder tonig verunreinigte Zwischenschichten können sich grundsätzlich einschalten, jedoch führen sie über kürzere Entfernungen (Grubenbereich) im allgemeinen nicht zu Mächtigkeiten, die den Abbau zum Erliegen brächten. Das Liegende der Sande bilden dunkle, blaugraue Tone des Rhätolias oder der rote Feuerletten, das Hangende stellt in der Regel der harte Arietensandstein dar. Allerdings sind die Sande in Oberfranken auch unvermittelt gegen andere mesozoische Abfolgen durch Verwerfungen versetzt.

Ausbildung und Eigenschaften: Die zumeist heller bis kräftiger gelblich gefärbten Sande sind im Mittel in der Regel schwach fein- und grobsandige Mittelsande mit gelegentlichen Abweichungen eher zu höherem Grobsand-, seltener zu höherem Feinsandanteil. Lagenweise Sortierung der Sandsteine tritt in höheren Lagen zurück.

Das scharfkantige, sperrige Korn besteht zu über 90% aus Quarz, der Rest verteilt sich auf Feldspäte (bis 5%), tonige Bestandteile und sehr wenig Glimmer.

Die in der Grube standfesten Mürbsandsteine erhalten ihren Zusammenhalt fast nur durch ihr sperriges, durch Auflast kompaktiertes Korngefüge. Sie zerfallen bei geringer mechanischer Beanspruchung ins Einzelkorn.

Gewinnung und Verwendung: Die Sande des Rhätolias werden zwischen Coburg und Creussen an zahlreichen Stellen, vornehmlich im Raum Creussen – Bayreuth in mehreren Gruben in teils großem Umfang gewonnen. Die Mürbsandsteine werden entweder durch gezähnte Geräte angerissen oder leicht angesprengt. Sie zerfallen dabei oder werden mit geringem Aufwand zu Sand gebrochen. In manchen Gruben wird kein Brecher benötigt.

Die Sande finden vielseitige Verwendung. Erwünscht ist sauberer, d.h. schluff- und tonarmer Sand (Schlämmkorn < 5%), weshalb in der Grube häufig selektiver Abbau betrieben wird. Die besseren Qualitäten werden als feiner Zuschlagstoff für Beton- und Betonwarenherstellung, zur Herstellung von Kalksandsteinen oder als Putzsand verwendet. Daneben kommen die Sande z.B. als Zuschlagstoff beim Schwarzdeckenbau oder als Mauersand auf den Markt. Unsauberes Material kann gewaschen werden, oder es dient als Füllsand beim Verlegen von Leitungen oder Rohren.

Die Sande des Rhätolias stellen ein sehr wichtiges Rohstoffpotential dar, das die Sandvorkommen der nordbayerischen Flußtäler (besonders Obermain und Naab)

ergänzt. An ihrer Nutzung wird auch künftig großes Interesse bestehen. Obwohl fazielle Ausbildung des Rhätolias bzw. seine Bauwürdigkeit im Detail nicht bekannt sind, dürfen aus der Sicht des geogenen Angebots noch reiche Sandvorkommen vermutet werden. Die durchweg als Trockenabbaue vorliegenden, jedoch häufig an bewaldetes Gebiet gebundenen Gewinnungsstellen bieten im allgemeinen gute Möglichkeiten der Rekultivierung, wobei teilbegrünte Sandsteinkulissen der Landschaft angemessen sind, da sie den natürlichen Felsfreistellungen dieses Raumes nach kurzer Zeit ähnlich sind.

Stand 2000

Sande des Doggers (803)

(HERMANN WEINIG)

Die bei der Behandlung des Doggersandsteins angeführten Schichteinheiten (s. Nr. 720) sind sehr häufig nur schlecht oder gar nicht durch tonig-limonitisches Bindemittel verfestigt. Die Mürbsandsteine („Griessandsteine") zerfallen daher sehr leicht zu Sand oder liegen bereits in unverfestigter Form vor. Die Verbreitung mürber Doggersandsteine bzw. Doggersande ist keinen Gesetzmäßigkeiten unterworfen. Allerdings scheinen die in bauwürdigem Umfang an das Gebiet westlich Hirschau gebundenen Glassande durchweg als äußerst mürbe Sandsteine vorzuliegen, die in den unteren Lagen des Doggersandsteins mit Mächtigkeiten bis zu etwa 15 m vorkommen.

Ausbildung und Eigenschaften: Die Doggersande sind in der Regel gut bis streng sortierte, schwach schluffige, schwach mittelsandige Feinsande. Die Sande von Hirschau und vom Dillberg liegen z.B. zu über 90% im Korngrößenbereich zwischen 0,06 und 0,3 mm.

Neben den normalfarbenen, meist gelbbraunen, mehr oder minder eisenschüssigen Doggersanden nehmen die hellfarbenen bis weißen Glassande des Hirschauer Gebietes in chemischer Hinsicht eine Sonderstellung ein, obgleich auch dort in der Horizontalen wie in der Vertikalen Übergänge bestehen. Die chemische Zusammensetzung der nahezu ganz aus Quarzkorn bestehenden Doggersande ändert sich je nach dem Anteil des kalkigen oder eisenschüssigen Bindemittels. Stärker eisenschüssiger braunfarbener Sand enthält mehrere Prozent Eisenoxid (Mittelwerte von stärker eisenschüssigen Sandsteinen: ca. 80–85% SiO_2, über 10% Fe_2O_3). Als Beispiel eines „normal" gelbbraunen Sandes kann z.B. das Vorkommen vom Dillberg gelten (93% SiO_2, 0,8% Al_2O_3, 2,8% Fe_2O_3). Dagegen ist der sehr helle (blaßgelbliche, blaßrötliche) bis weiße Glassand des Hirschauer Gebietes nahezu eisenfrei und besteht fast ganz aus Quarz (chemische Mittelwerte: 97–98% SiO_2, 1–2% Al_2O_3, 0,1–0,2% Fe_2O_3). Für die Qualität des Ausgangsrohstoffes ist dabei entscheidend, inwieweit die unerwünschten Eisenoxide (meist als Ummantelung des Quarzkorns vorliegend) im Zug der Aufbereitung von Eisen befreit werden können. Unterschiedlich feste Bindung von Eisenoxiden und Quarzkorn ist horizontalem und vertikalem Wechsel unterworfen.

Gewinnung und Verwendung: Bereits in früherer Zeit wurden Sande des Dogger in kleineren Gruben als Bausande, teils auch als Formsande gegraben. Am Krai bei Coburg wurden reine Quarzsande gewonnen und als

„Silbersand" verkauft. Heute wird Sand normal gelbbraunfarbener Ausbildung nur noch am Dillberg abgebaut. Er wird hauptsächlich als Feinstzuschlag für Spezialbeton (z.B. wasserdichten Beton) und bei der Herstellung von Kalksandsteinen verwendet. Der Sand besitzt ebenso die für Gießereisand oder auch Spiegelglasschleifsand erforderlichen Qualitäten.

Die Glassande des Raumes Hirschau werden in mehreren Gruben, derzeit vor allem im Gebiet zwischen den Orten Hahnbach und Ehenfeld (z.B. nördlich Kainsricht und Atzmannsricht) in meist größeren Gruben abgebaut und zwar je nach Verwendungszweck in selektiver Weise. Die besondere Bedeutung der Sande ist in ihrer vielfältigen Verwendung zu sehen. Neben der Verwendung der Sande als Gießerei- bzw. Formsand (v.a. beim Leichtmetallguß), zu bauchemischen Produkten, als Strahlsand, als Schleifmittel (bei keramischen und kunstharzgebundenen Schleifscheiben) oder als Füllstoff für pharmazeutische Produkte steht die Nutzung des Sandes in der glaserzeugenden Industrie im Vordergrund. Die Sande werden nach besonderer Aufbereitung je nach dem Eisengehalt des Rohproduktes vor allem zur Herstellung verschiedener Gläser wie Flachglas, Floatglas, Weißhohlglas, Kristallglas (bzw. Bleikristallglas), aber auch für spezielle Gläser wie etwa optische Gläser, Kieselglas oder Lichtleitfasern verwendet. Aus dem Abbaurevier Hirschau werden z.B. mehr als 90% des Rohmaterials für die Bleiglasherstellung im Süddeutschen Raum geliefert.

Auf die im weiteren Umkreis von Hirschau auftretenden Doggersande, die nicht immer Glassandqualität aufweisen, sondern auch von stärker eisenhaltigen Partien unterbochen werden, wird laufend prospektiert. Ihr gesamtes Verbreitungsgebiet um Hirschau östlich des Vilstales ist als rohstoffhöffig anzusehen.

Die übrigen weit verbreiteten Doggersande stellen eher potentielle Rohstoffvorkommen für Bausande (z.B. als Betonzuschlag oder zur Kalksandsteinherstellung) dar. Allerdings ist ihr Abbau in der Regel mit dem Aufwand von Sprengung und dem Quetschen des Haufwerks verbunden. Auch ist, da mögliche Abbaue meist am Hang liegen, die Bewegung von Abraum in Kauf zu nehmen. Der Abbau von Doggersanden könnte mittelfristig in dem Maße gewisse Bedeutung erlangen, als eine Verknappung der nordbayerischen Fluß- und Dünensande eintritt. Auf seine Verwertbarkeit und die potentielle Gewinnungsmöglichkeit sei hier hingewiesen.

Stand 2000

Sande der Kreide (804)

(REINHARD STREIT)

Sande der Schutzfelsschichten, der Unteren Michelfelder Schichten und der tieferen Ehenfelder Schichten

Die Schutzfelsschichten leiten ihren Namen vom Schutzfelsen bei Regensburg, gegenüber Sinzing, ab. Sie haben in weiten Teilen der Fränkischen Alb ein Karst- und Erosionsrelief aufgefüllt und liegen deshalb in stark wechselnder Mächtigkeit vor. Diese Sedimente setzen sich aus Verwitterungs- und Abtragungsschutt des Schichtstufenlandes und des Grundgebirges zusammen.

In der Amberger Gegend kommen z.B. schlecht sortierte Quarzsande mit kaolinitischem Bindemittel vor. Quarzgerölle lassen auf Flußtransport aus dem Alten Gebirge schließen. Hellgraue, rötliche oder bunte Tone sind den Sanden zwischengelagert. Die Sande wurden früher in kleinen Gruben für den örtlichen Bedarf abgebaut und für den Wegebau und zum Mauern verwendet.

Die Unteren Michelfelder Schichten, benannt nach dem Ort Michelfeld bei Pegnitz, besitzen in der Nördlichen Frankenalb große Verbreitung und entsprechen den Schutzfelsschichten weiter im Süden. So liegt in den Erztrögen von Auerbach eine fluviatil-limnische Sedimentserie von 20–40 m Mächtigkeit, die weiße, ockergelbe oder olivgrüne Sande unterschiedlichster Körnung und schlechter Sortierung enthält. Kaolinitisches Bindemittel und zwischengelagerte Bunttone sind zu beobachten. Durch den starken Fazieswechsel ergeben sich jedoch nur enger begrenzte Vorkommen. Insgesamt können die Michelfelder Schichten im Veldensteiner Forst eine Mächtigkeit von 100–200 m erreichen. Tonige Feinsande wurden südwestlich von Pegnitz als Formsande abgebaut.

Die Ehenfelder Schichten, benannt nach dem Ort Ehenfeld bei Hirschau, können als zeitgleiche Bildungen der Michelfelder Schichten angesehen werden. Sie sind in der Vilsecker Kreidemulde verbreitet. Ihren unteren Abschnitt kann man mit den Schutzfelsschichten gleichsetzen. In der Ausbildung ähneln sie den Schutzfelsschichten und den Michelfelder Schichten. Sande aus diesen Sedimenten wurden früher für den örtlichen Bedarf abgebaut.

Knollensand und Hornsand

Knollensand und Hornsand haben ihre Namen durch ihre häufig anzutreffenden charakteristischen Erscheinungsformen erhalten. Der über den Reinhausener Schichten folgende Knollensand enthält häufig kieselig oder kalkig gebundene Sandsteinknollen. Der darüber abgelagerte Hornsand, öfter als Hornsandstein entwickelt, hat seinen Namen größeren hornsteinartigen Verkieselungen zu verdanken. Diese Schichten gehören dem Unteren Turon an und sind mariner Entstehung. Das Verbreitungsgebiet umfaßt die Umgebung von Regensburg, reicht in die Bodenwöhrer Senke, nach Norden bis in die Gegend von Sulzbach-Rosenberg.

Die Mächtigkeit des Knollensandes beträgt in der Regensburger Gegend rund 20 m, bei Amberg 10–27 m, bei Bodenwöhr 15 m und bei Roding 8–12 m. Der Hornsand erreicht im Regensburger Raum selten mehr als 1 m, bei Amberg bis zu 3 m, bei Bodenwöhr 6–12 m und bei Roding 2–3,50 m.

Gesteinsausbildung und Eigenschaften: Der Knollensand besteht aus auffallend gleichkörnigen, mittel- bis feinkörnigen, z.T. auch grobkörnigen Quarzsanden mit Andeutungen eines schwachen Kaolinitgehalts und etwas Glaukonit. Durch kieseliges und karbonatisches Bindemittel liegt teilweise eine Verfestigung vor, die in Knollen von Hühnerei- bis Kopfgröße erscheint. Eine Korngrößenanalyse eines Feinsandes von Bodenwöhr zeigt folgende Abstufung: > 0,3 mm: 1,1%, 0,2–0,3 mm: 2,3%, 0,09–0,2 mm: 64,5%, 0,05–0,09 mm: 5,6%, 0,002–0,05 mm: 12,9%, < 0,002 mm: 13,6%. Eine chemische Analyse ergab die Hauptbestandteile: SiO_2:87,09%, Al_2O_3:4,93%, Fe_2O_3:1,67%, CaO:0,79%, MgO:0,62%, Glühverlust: 2,10%.

Der Hornsand kommt örtlich als lockerer Grobsand bis Feinkies vor. Häufig erscheint er jedoch schwach bis stark kieselig verfestigt und wird dann als mürber oder harter Sandstein angetroffen. Die chemische Analyse einer Sandprobe aus einer Grube bei Fronberg (nordöstlich Schwandorf, an der Autobahnausfahrt) ergab: SiO_2:94,0%, Al_2O_3:1,5%, Fe_2O_3:2,8%, CaO:0,6%, MgO:0,4%, SO_3:0,1%, K_2O:0,3%.

Gewinnung und Verwendung: In lockerer Ausbildung wurde Knollensand früher als Fegsand abgebaut (Gruben auf der Kuppe des Reinhausener Berges bei Regensburg). Knollensande erfüllen stellenweise die Anforderungen, die an Formsand gestellt werden, besonders in der Umgebung von Bodenwöhr. Als Formsand für Gußformen und Kernstücke wurden vor allem die knollenarmen, sehr gleichmäßig feinkörnigen tonigen Sande verwendet, die feuerfest und standfest, bildsam, gasdurchlässig und weitgehend karbonatfrei sind. Alte Formsandgruben liegen am Schießl-Keller bei Bodenwöhr, östlich Bodenwöhr, südöstlich Bodenwöhr bei Hinterrandsberg, nördlich Schöngras (nordwestlich Bruck i.d. Opf.) und bei Neuenschwand. Heute spielt nur die Gewinnung von Bausand eine Rolle.

Knollensand in grobkörniger Ausbildung wird als Bausand verwendet, wobei auch nach Möglichkeit der hangende Hornsand mitgewonnen wird, soweit er sich dazu eignet. Sandgruben sind in Betrieb im Raum südlich Sulzbach-Rosenberg (Sandgrube zwischen Gailoh und Haag, südwestlich Amberg), bei Schwandorf (Sandgrube nordöstlich Fronberg, östlich der Autobahn Regensburg – Weiden) und bei Neukirchen-Balbini (Sandgrube nördlich Mappach und Sandgrube zwischen Altenkreith und Neubäu). In Roding wird Knollensand zur Herstellung von Kalksandsteinen verwendet. Vermutlich sind von diesen Sanden noch größere Vorräte vorhanden.

Stand 2000

Freihölser Bausande

Die Freihölser Bausande kommen zwischen Amberg und Schwandorf vor und werden in großem Umfang im Freihölser Forst zwischen Freihöls (westsüdwestlich Schmidgaden) und Amberg abgebaut. Sie lassen sich in einen Unteren und einen Oberen Freihölser Bausand unterteilen, die 14–22 m bzw. 11–26 m mächtig sind und durch eine 8–32 m mächtige Schicht dunkler pflanzenführender Tone und Arkosen getrennt werden. Besonders in südöstlicher und südlicher Richtung tritt in Äquivalenten dieses Schichtkomplexes eine stärkere Verfestigung in Erscheinung (Großberger Sandstein, Freihölser Feldspatsandstein, Bodenwöhrer-, Windmaiser- und Oberkreither Sandstein).

Gesteinsausbildung und Eigenschaften: Es handelt sich um mürbe helle Quarzfeldspatsandsteine von mittelfein- bis grobkörniger, z.T. fein- bis mittelkiesiger Ausbildung.

Die Schichtung verläuft etwa horizontal, mit deutlich schräggeschichteten Abschnitten und dünnen Zwischenschichten aus Tonsanden. Das Bindemittel ist kaolinitisch. Die chemische Analyse eines Sandes aus einer Grube im Oberen Heid-

Holz (etwa 12,5 km nordwestlich Pittersberg, bei Schwandorf) ergab: SiO_2:91,6%, Al_2O_3:2,3%, Fe_2O_3:2,6%, CaO:0,6%, MgO:0,3%, SO_3:0,9%, K_2O:1,4%.

Gewinnung und Verwendung: Südöstlich Amberg bestehen ausgedehnte Sandgruben in Freihölser Bausanden. Sie liegen südöstlich des Haidweihers, zu beiden Seiten der Bundesstraße 85, mit 5–15 m hohen Abbauwänden. Auch südwestlich von Freihöls im Oberen Heid-Holz liegen zwei Sandgruben in diesen Schichten. Stellenweise hat der Abbau Grundwasser freigelegt.

Die schwache Kornbindung des mürben Gesteins bereitet kaum Schwierigkeiten beim Abbau (derzeit z.B. mit Radladern). An der Abbauwand ist in der Regel eine gute Standfestigkeit zu beobachten. Der Sand wird vor allem in der Bauindustrie verwendet. Das Kalksandsteinwerk in Schafhof bei Amberg verarbeitet u.a. diesen Sand zu Bausteinen. Er eignet sich auch als Betonzuschlag.

Freihölser Bausande sind auf einer Fläche von rund 20 km^2 verbreitet, doch wird ihre Gewinnung durch anderweitige Nutzung und Beanspruchung eingeengt. Konflikte zwischen der industriellen Nutzung dieser Sande und der Wasserversorgung oder dem Forst müßte es nicht geben, wenn der Abbau über dem Grundwasserspiegel bliebe und eine unverzügliche Wiederaufforstung der ausgebeuteten Gruben vereinbart würde.

Stand 2000

Sande der Oberen Michelfelder und Ehenfelder Schichten, Windmaiser Formsand

Die Michelfelder Schichten, die in der Nördlichen Frankenalb in beträchtlicher Mächtigkeit vorkommen können und ihre Hauptverbreitung in den Gebieten um Pegnitz, Auerbach, Pommelsbrunn, Pottenstein, Betzenstein und Hollfeld haben, sind in ihrem oberen Abschnitt bereichsweise vorwiegend sandig ausgebildet. Sie treten als fein- bis grobkörnige, auch fein- bis mittelkiesige Quarz- oder Quarz-Feldspat-Sande in Erscheinung, soweit diese nicht quarzitisch oder limonitisch zu Quarzit oder Sandstein verfestigt sind, wobei Tone und Tonsande eingeschaltet sind. Sandabbau wurde an vielen Stellen in kleinen Gruben, besonders für den örtlichen Straßen- und Wegebau, betrieben. Eine größere Sandgrube, die hier erwähnt werden kann, liegt südsüdöstlich Holnstein, bei Pommelsbrunn. Es handelt sich um gelben, braunstreifigen, grobkörnigen Quarzsand mit kaolinisierten Feldspäten und vereinzelten kleinen Quarzgeröllen.

Ähnlichen Aufbau zeigen die Ehenfelder Schichten in ihrem oberen Abschnitt. Quarzsande sehr fein- bis sehr grobkörniger Ausbildung wurden z.B. im Raum Hirschau in mehreren Sandgruben nordöstlich Großschönbrunn und nordwestlich Kleinschönbrunn für Bauzwecke gewonnen.

Vermutlich lassen sich im Verbreitungsgebiet dieser Schichten noch neue Sandlagerstätten finden.

Feinsandig-tonige marine Sedimente bei Windmais (Windmaiser Formsand), nahe Neunburg vorm Wald, die als zeitgleiche Bildungen des Hiltersdorfer Sandsteins angesehen werden, bilden den Abschluß des Oberturons in der Bodenwöhrer Senke. Etwa die obersten 9 m des Schichtpakets, aus

feinkörnigen, grauen und gelben, schwach tonigen Quarzsanden mit Ton- und Toneisensteinlagen bestehend, wurden an der NW-Seite von Windmais, im Hohlweg nach Buch, zeitweise als Formsand abgebaut.

Sande des Auerbacher Kellersandsteins

Der Auerbacher Kellersandstein kommt als mittel- bis grobkörnige Arkose mit verhältnismäßig frischen Feldspäten und schlecht gerundeten Quarzgeröllen in der Auerbacher Gegend mit maximal 30–40 m Mächtigkeit vor. Er ist durch eine Tonschicht (Hauptbuntton) in einen Unteren und Oberen Sandstein zu gliedern. Dieser Sandstein weist westlich und südlich von Auerbach eine geringe Verfestigung auf und kann dort als Bausand gewonnen werden. Etwa 1 km westsüdwestlich Welluck bei Auerbach ist eine große Sandgrube im Unteren Sandstein in Betrieb.

In der Nähe der bestehenden Grube bei Auerbach, darf noch mit größeren Sandvorräten gerechnet werden. An anderen Orten müßte der Auerbacher Kellersandstein erst hinreichend untersucht werden, ob er sich für den Sandabbau eignet.

Kiese und Sande des Tertiärs

Schotter des Raumes Ortenburg und Passau-Schöllnach (810) (z.B. Ortenburger Schotter)

(HERMANN WEINIG)

Im größeren Umkreis von Ortenburg – Passau sind wirtschaftlich bedeutende Kiese und Sande verbreitet, die mindestens drei verschiedenen Schüttungseinheiten angehören. Es sind dies der Ortenburger Schotter, dessen hangende Schotter sowie der Haarschedler Schotter. Diese Schüttungseinheiten sind, da räumlich benachbart bzw. im Profil teilweise übereinanderliegend und nach ihren Materialeigenschaften in der Praxis vergleichbar, auf der Karte zusammengefaßt dargestellt.

Ortenburger Schotter mit hangenden Schottern

Die Lagerung der dem oberen Ottnang und unteren Karpat angehörenden Schotter wurde von UNGER (1983) einer neueren Bearbeitung unterzogen, in der auch die Abtrennung einer aus jüngeren Schottern bestehenden Schüttung im Hangenden bestätigt wird.

Danach füllen die Schotter eine in feinkörniges Tertiär eingetiefte Rinne aus, die zwischen Passau und Fürstenzell einsetzt und von dort über den Raum Ortenburg bis zum Vilstal bei Aldersbach reicht. Damit ist das etwa 25 km lange, 4 – 6 km breite Hauptverbreitungsgebiet der Ortenburger Schotter umschrieben.

Im Gebiet der Ortenburger Schotter und in deren weiterem Umkreis wurden in einer späteren Phase des Jungtertiärs weitere Schotter abgelagert. Sie liegen teils unmittelbar den Ortenburger Schottern auf und bilden mit diesen ein durchgehen-

des Schotterprofil. An anderer Stelle liegen sie jedoch über feinkörnigem Tertiär. Vereinzelt werden die Ortenburger Schotter auch von mergelig-sandigen Feinsedimenten überlagert.

Insofern ergibt sich nach Lagerung und Mächtigkeit ein sehr wechselhaftes Bild der in diesem Gebiet auftretenden Schottervorkommen, das durch die Diskordanzen der Schotterbasis, durch nichtkiesige Zwischenschichten, vor allem aber durch das in die Schotter eingreifende Relief der heutigen Oberfläche bestimmt wird.

Im oben genannten Hauptverbreitungsgebiet der Ortenburger Schotter treten Mächtigkeiten bis zu 40 m auf. Gegen die Rinnenränder können die Schotter, bedingt durch das Relief ihrer Basis und der Geländeoberfläche, auf 20 und 15 m abnehmen oder ganz aussetzen. Außerhalb des Verbreitungsgebietes der Ortenburger Schotter sind seine Hangendschotter mit Mächtigkeiten bis rund 10 m zu erwarten. Die Schotter reichen oft bis an die Oberfläche, teils sind sie von mächtigerem tertiärem Abraum oder von Lößlehm bedeckt. Im allgemeinen dürfte es im Bereich der Ortenburger Schotterrinne nicht schwerfallen, Kiese und Sande ansehnlicher Mächtigkeit auszumachen. Auf der Übersichtskarte ist südlich der Donau das gesamte Verbreitungsgebiet der genannten Schottereinheiten zusammengefaßt.

Da die Schotter in der Regel hoch über die Talböden ansteigen, sind sie in fast allen Fällen grundwasserfrei.

Haarschedler Schotter

Vor allem nördlich der Donau treten bevorzugt in Höhenlagen zwischen 400 und 450 m (meist um 420 m) pliozäne Schotter auf, die an eine tertiäre Verebnungsfläche gebunden sein sollen.

Sie sind hauptsächlich im Raum nördlich Passau beiderseits der Itz zwischen Thyrnau und Tiefenbach (zentrales Gebiet um Pattriching) verbreitet. Weiter im Westen treten die Schotter in verschiedenen größeren und kleineren Verbreitungsgebieten, etwa westlich Niedernhart, bei Rathsmannsdorf, im Großraum Aicha – Außernzell oder nördlich Iggensbach auf. Die nachgewiesen mächtigeren Vorkommen sind auf der Karte gekennzeichnet.

Das gesamte Verbreitungsgebiet dieser Schotter ist durch die zur Donau hin tief einschneidenden Flüsse wie Itz, Geisa, Ohe und andere diesen oder der Donau zufließende Nebenbäche in viele Einzelareale zerlegt, die sich als kuppig-wellige Restflächen darstellen.

Die meisten dieser Verbreitungsgebiete sind nur in Umrissen bekannt. Ebenso bestehen über die Mächtigkeiten (bzw. Restmächtigkeiten) der Schottervorkommen vielerorts noch unzureichende Kenntnisse. Die heute einzusehenden Kiesgruben schließen die Schotter über Profilhöhen von mehreren Metern bis zu 20 m auf.

Die Schotter zeigen im allgemeinen keine mächtigere Bedeckung mit Abraumsedimenten. Da die Vorkommen hoch über den Tälern liegen und häufig angeschnitten sind, führen sie in aller Regel kein Grundwasser.

Ausbildung und Eigenschaften: Alle oben genannten Schotter besitzen Restschottercharakter, d. h. sie führen nur noch sehr harte, verwitterungsresistente Gerölle, unter denen die Quarze mehr als die Hälfte ausmachen. Der Rest verteilt sich auf verschiedene, meist kristalline Härtlinge, unter denen quarzitische Schiefer reichlich vertreten sind. Karbonate fehlen in der Kiesfraktion.

Der Ortenburger Schotter liegt im wesentlichen als wechselnd sandiger Kies vor, bei dem Mittel- und Grobfraktion vorherrschen. Die Aufschlüsse zeigen im allgemeinen ein recht homogenes Schotterprofil, in dem Zwischenlagen fehlen. Lagen kiesdurchsetzter Sande können zwischengeschaltet sein. Die hangenden Schotter zeigen dagegen im allgemeinen etwas verfeinertes Kieskorn bei erhöhtem Sandanteil und gelegentlichem Tongehalt.

Die Haarschedler Schotter nördlich der Donau zeichnen sich durch sehr wechselhafte Kornzusammensetzung aus. Die Ablagerungen können deutlichen Grobschottercharakter mit vorherrschenden Grobkiesen und deutlichem Steinanteil annehmen, andererseits auch als stark sandige Fein- bis Mittelkiese ausgebildet sein. Die Schotter sind häufig durch deutlichen Lagenwechsel gekennzeichnet. Auch rote Tonzwischenlagen wurden beobachtet.

Die genannten Schottereinheiten enthalten im allgemeinen nur geringe Anteile an Schlämmkorn, wenn man von gelegentlichen Tonanteilen im Bereich der jüngeren Schotter absieht. Die häufig zu beobachtende helle, gelblich-bräunliche Farbe des Schotters ist auf fein verteiltes oxidisches Eisen zurückzuführen, das keine Qualitätsminderung des Materials verursacht. Alle Schottereinheiten des Raumes Ortenburg – Passau sind als vielseitig verwendbarer Rohstoff anzusehen, der bereits als Grubenmaterial seine gute Qualität erkennen läßt.

Gewinnung und Verwendung: Die durchweg im Trockenabbau zu gewinnenden Schotter werden in großem Umfang südlich der Donau vornehmlich im Gebiet zwischen dem Wolfachtal und dem Raum Voglarn abgebaut. Nördlich der Donau liegen die Hauptgewinnungsgebiete in mehreren Gruben im Raum Pattriching sowie südlich Außernzell.

Die Schotter finden Verwendung in allen Bereichen des Straßenbaus (als Grubenkies wie auch aufbereitet) und der betonverarbeitenden Bauindustrie. Wegen des Quarzschottercharakters eignet sich das Material allerdings schlecht zur Herstellung von Brechgut. Die in einem reich reliefierten Hügelgebiet an Hängen und auf Kuppen günstig und immer im Trockenabbau zu gewinnenden Schotter sind als eine gleichwertige Alternative zu den räumlich benachbarten Quartärkiesen des Isar-Donau- und des Inngebietes anzusehen. Eine gewisse Schwierigkeit stellt allerdings mancherorts die Bereitstellung ausreichender Mengen an Waschwasser dar. Die Bedeutung dieses aus der Sicht des natürlichen Angebotes kaum zu erschöpfenden Rohstoffpotentials dürfte aber in dem Maße zunehmen, als auch für die frachtkostenintensiven Massenrohstoffe Kies und Sand zunehmend weitere Transportwege in Kauf zu nehmen sind. Konkurrierende Flächenbeanspruchungen oder landschaftliche Vorbehalte bestehen hier in vergleichsweise geringem Maße. Hinzuweisen ist dabei auf die guten Voraussetzungen, Kiesgruben im Hügelgebiet landschaftsschonend anzulegen bzw. zu rekultivieren.

Landshuter Schotter und Peracher Schotter (811)

(HERMANN WEINIG)

Landshuter und Peracher Schotter stellen zwar stratigraphisch und nach ihrer Lagerung klar zu trennende Einheiten dar, sind jedoch in ihrer Zusammensetzung und damit aus technischer Sicht in weiten Teilen vergleichbar. Da zudem ihre Verbreitungsgebiete aneinanderstoßen, sind sie auf der Karte zusammengefaßt. Ihre Beschreibung erfolgt getrennt.

Landshuter Schotter

Diese Schottereinheit ist in der geologischen Literatur bekannt unter verschiedenen Bezeichnungen wie Hauptschotter, Hauptkies, Mittlere Serie, Nördlicher Vollschotter oder nach seiner typischen Ausbildung im Landshuter Raum: Landshuter Schotter. Dieser Name, der gleichzeitig auf das zentrale Verbreitungsgebiet hinweist, soll hier beibehalten werden. Aus der Praxis der Kiesgewinnung werden diese Schotterablagerungen – im Gegensatz zu den quartären „Talkiesen" oder „Flußkiesen" z.B. des Isartales – als „Bergkies" bezeichnet.

Die Landshuter Schotter haben in den zentralen Bereichen des Tertiären Hügellandes Niederbayerns beiderseits des Isartales ihre Hauptverbreitung. Die den Feinsedimenten der Brackwassermolasse aufliegende Abfolge besitzt entsprechend ihrer Stellung als beckenfüllendes, durch weitverzweigte Flußsysteme abgelagertes Sedimentpaket unterschiedliche fazielle Ausbildung. So stellt sich nach Norden, wie auch in Transportrichtung gegen Nordwesten und Westen eine allmähliche Korngrößenabnahme bzw. ein Übergang zu mittel- und feinkiesigen, überwiegend sandigen und mergelig-tonigen Sedimenten ein. Das auf der Karte eingetragene Verbreitungsgebiet bezieht sich vor allem auf die technisch-wirtschaftlich bedeutenden, vorwiegend grob ausgebildeten Schottervorkommen. Dabei ist eine z e n t r a l e Z o n e besonders grob ausgebildeter und an vielen Stellen ausstreichender Schotter besonders gekennzeichnet.

Die Schotterbasis ist nur im Bereich des Isarunterlaufes angeschnitten und tritt im Hügelland selbst nirgends zutage, d.h. die Schotter reichen in der Regel unter das Niveau der Talböden. Lagerstättenkundliche Bedeutung erlangen die Schotter in diesem Fall dort, wo sie zusammen mit der quartären Talfüllung des Isartales, deren Basis sie etwa vom Raum Moosburg bis unterhalb Wörth bilden, gewonnen werden können. Überdeckt werden die Schotter von der Hangendserie, einer in der Regel von groben Kiesen freien Abfolge (s.u.). Die Schotterobergrenze liegt beiderseits des Isartales bei etwa 475 m ü. NN. Westlich und südlich Landshut ist sie, tektonisch bedingt, durchschnittlich etwa 20 m tiefer anzutreffen, ebenso liegt sie östlich der Linie Landau-Malgersdorf, bedingt durch diskordante Auflage der jüngeren Schichten, bei durchschnittlich 430 m ü. NN. Allgemein ist ein leichtes Einfallen der Schotterobergrenze nach Süden festzustellen, weshalb sie in den südlichen Randbereichen des Hauptverbreitungsgebietes bei etwa 460 m ü. NN anzutreffen ist, bevor der Landshuter Schotter dort unter jüngere Serien abtaucht bzw. nördlich des Rott-Tales an den Peracher Schotter stößt.

Die Schotter erreichen über den Talsohlen Mächtigkeiten bis zu 50 m. Sie werden von den Tälern des Tertiären Hügellandes angeschnitten und bilden besonders an den westexponierten Talflanken steilere Hänge („Hangleiten"), die bevorzugte Waldstandorte darstellen (s.u.). Die sanfter abfallenden Hänge, zu denen in der Regel die ostexponierten Talflanken gehören, tragen über dem kiesigen Untergrund z.T. abgeschwemmtes, solifluktiv umgelagertes Material, häufig auch Lößlehme.

Der Landshuter Schotter ist in den Höhenlagen, die sich für einen Abbau anbieten, grundwasserfrei. Wasserzutritte aus schwebenden Grundwasserstockwerken treten selten auf und sind fast immer unbedeutend.

Ausbildung und Eigenschaften: Die Abfolge der Landshuter Schotter wird immer wieder durch zwischengeschaltete Feinsedimente (sandig-tonige Mergel, teils auch Kalke) wie auch stärker sandige Partien unterbrochen. Diese Einschaltungen treten in dünnen Lagen bis zu Schichten in der Größenordnung von 10 m Mächtigkeit auf. Einige frühere Bearbeiter nahmen ein bevorzugtes Auftreten dieser Zwischenschichten in bestimmten Horizonten der Schotterserie an. So sei die Einschaltung eines „Süßwasserkalkes" oder seiner mergeligen Äquivalente im Bereich des Isartales etwa zwischen 400 und 415 m ü. NN zu erwarten, der die Serie in einen Liegenden und einen Hangenden Schotter trennt. Ein Zwischenmergel soll dagegen 10–20 m unter der Schotterobergrenze gehäuft auftreten. Heute hat sich die Auffassung von weniger horizontbeständigen Zwischenlagen, vielmehr einer mehr unregelmäßigen horizontalen wie vertikalen Verteilung, zumindest der mergeligen Zwischenschichten, durchgesetzt. Die Schotter sind gelegentlich, etwa in der Nähe des Isartales, bedingt durch frühere Grundwasseraustritte, lagig oder nesterweise durch kalkiges Bindemittel zu Konglomeraten verbacken.

Die Kornzusammensetzung der Landshuter Schotter kann selbst auf engem Raum stärkeren Schwankungen unterliegen. Insgesamt ergibt sich das Bild eines unterschiedlich (schwach bis stark) sandigen, alle Geröllgrößen führenden Schotters, in dem Grobkiese meist reichlich vertreten sind. Im allgemeinen ist eine Korngrößenabnahme von den tieferen zu den höheren Lagen des Schotters festzustellen, vor allem aber tritt eine deutliche Kornverfeinerung in Transportrichtung von Ost nach West und Nordwest auf. Die kartenmäßige Darstellung eines Zentralbereiches und der umgebenden Randgebiete soll dies veranschaulichen. Freilich ergeben sich in diesen randlichen Grobschottergebieten bereits fließende Übergänge zu Bereichen mit deutlich zurücktretenden oder fehlenden Grobkiesanteilen. Gewinnungsstellen sind in diesem Fall auf der Karte zusätzlich durch die Kennziffer der Gruppe 813 gekennzeichnet.

Die Geröllanteile bestehen durchschnittlich zu 70–80% aus Quarzen, zu 10–20% aus kristallinen Hartgesteinen und nur zu etwa 10% aus Sedimentgesteinen, unter denen Karbonate stark zurücktreten. Bereichsweise liegen stärkere Abweichungen vor. Die Schotter sind in der Regel unverwittert, wenn man vom Übergangsbereich zum Quarzrestschotter (etwa im Bereich Sulzbachtal-Eggenfelden) absieht. So haben die Schotter meist eine frische, graue Farbe („grauer Bergkies"), die nur unter dem Einfluß der Oberflächennähe durch verwitterungsbedingte Freisetzung von Eisenoxiden in gelbliche bis rostige Farbtöne umschlägt („roter Bergkies").

Die Qualität des Landshuter Schotters als Baukies und Bausand ist nach entsprechender Aufbereitung den quartären Talkiesen vergleichbar, wie auch der Gehalt des Grubenmaterials an grober Körnung im allgemeinen zufriedenstellend ist.

Gewinnung und Verwendung: Die Landshuter Schotter werden in aller Regel im Trockenabbau in Hanglagen, etwa Talflanken oder an hervortretenden Kuppen gewonnen. Ausnahmen bilden Abbaue im Bereich der Isartalsohle, bei denen der tertiäre Schotter unter der quartären Talfüllung ansteht und zweckmäßigerweise „mitgewonnen" wird. Der Trockenabbau konzentriert sich derzeit im Hügelland beiderseits der Unteren Isar, wird jedoch im gesamten Bereich seines Hauptverbreitungsgebietes betrieben. Als erschwerende Abbaubedingungen sind vor allem die plötzlich auftretenden Zwischenlagen an Feinsedimenten zu nennen, die mitunter zur Aufgabe eines Abbaus führen können. Jedenfalls ist das Anlegen einer neuen wie selbst die Weiterführung einer bislang einwandfreien Gewinnungsstelle im Bereich der Landshuter Schotter ohne hinreichende Vorerkundung durch Bohraufschlüsse immer mit dem Risiko der Unwirtschaftlichkeit verbunden. Bei hoch am Hang angesetzen Gruben können unbrauchbare Schichten der überlagernden Hangendserie rasch zu hohen, wirtschaftlich nicht zu bewältigenden Abraummächtigkeiten führen.

Mächtigere Deckschichten von kiesig-lehmigem Solifluktionsmaterial oder Lößlehme sind durch Bevorzugung von steileren, vornehmlich westexponierten Hanglagen zu umgehen.

Das aufbereitete, von abschlämmbaren Bestandteilen befreite Material der Landshuter Schotter kann grundsätzlich in allen Bereichen der Bauwirtschaft eingesetzt werden. Allerdings eignet sich der Schotter infolge seiner vorherrschenden Quarze und Quarzite nur bedingt zur Herstellung von Splitten und Brechsand, da diese Geröllgruppe feinsplittrig-spießiges Brechgut ergibt, das die Weiterverarbeitung erschwert. Schwierigkeiten bereitet im Bereich des tertiären Hügellandes infolge des oft unter größerem technischen Aufwand zu beschaffenden Waschwassers auch die Naßaufbereitung am Grubenstandort. So werden teils längere Transportwege zur Aufbereitung und Weiterverarbeitung in Kauf genommen, andererseits finden die Schotter auch als unaufbereitetes Grubenmaterial oder nach Trockensiebung Verwendung im Straßenbau als ungebundene Tragschicht, Frostschutzmaterial wie auch zur Schüttung von Dämmen oder beim Bau von Forst- und Gemeindewegen. Diese zweckentsprechende Verwendung trägt entscheidend zur Entlastung bzw. Substitution der Kiesvorkommen der quartären Talauen bei.

Gerade diese, je nach Möglichkeit und Notwendigkeit der Naßaufbereitung vielfältige Verwendungsmöglichkeit des Landshuter Schotters macht ihn zu einem wichtigen Rohstoff, dessen Vorräte infolge hoher Mächtigkeiten und weiter Verbreitung aus geologischer Sicht praktisch unerschöpflich sind. Diese Schotter übertreffen die sie räumlich umgebenden Quartärschotter von Isar, Donau und Inn zunehmend an Bedeutung und könnten künftig zusammen mit den Grobschottern des Raumes Passau-Ortenburg (s. Nr. 810) überregionale Bedeutung als Baurohstoff einnehmen.

Allerdings ist die Verfügbarkeit der Schotter neben den genannten geologischen Schwierigkeiten auch durch potentielle Konflikte mit dem Natur- und Landschaftsschutz insofern etwas eingeschränkt, als diejenigen Landschaftsteile, die für die Kiesgewinnung ein idealer Ansatzpunkt wären, häufig wegen ihrer morphologischen Exposition in Verbindung mit Bewaldung einen hohen Stellenwert als landschaftsprägende Elemente einnehmen. Jedoch ist mit der Anpassung gerade großer Gewinnungsstellen an vorgegebene Landschaftsformen in vielen Fällen landschaftsschonender Abbau möglich, so daß die Nutzung dieses großen Rohstoffpotentials infolge vielfach möglicher alternativer Abbaustandorte insgesamt gesichert sein dürfte.

Peracher Schotter

Diese nach ihrer Hauptverbreitung und typischen Ausbildung nördlich von Perach benannten Schotter werden im Unterschied zum Landshuter Schotter (=Nördlicher Vollschotter) auch als Südlicher Vollschotter bezeichnet. Der Peracher Schotter wurde nach der Ablagerung der Landshuter Schotter bzw. des Ausgangsmaterials der Quarzrestschotter (Nr. 812) und nach der Ausbildung eines Reliefs, das bis in deren Liegendes hinabreicht, in einer weitgespannten Senke abgelagert. Dieser auch als „Peracher Rinne" bezeichnete Ablagerungsraum erstreckt sich vom Rand des Tertiärgebietes im Süden zwischen Simbach und Töging nach Nordwesten, quert das Rottal zwischen Hebertsfelden und Massing und reicht nördlich der Rott bis zum Gebiet Taufkirchen – Gangkofen. Die im Osten diskordant dem Quarzrestschotter aufliegenden bzw. angelagerten Schotter grenzen im Westen und Norden in ähnlicher Weise an dessen Äquivalent, den Landshuter Schotter.

Die Abfolge des Peracher Schotters wird von der sog. Hangendserie (Nr. 813) überlagert, die durch deutliche Korngrößenabnahme in einem Höhenniveau von etwa 450 m ü. NN aus dem Peracher Schotter hervorgeht.

Die Schotter werden von den tief in das Tertiär eingeschnittenen Tälern freigelegt und sind grundwasserfrei. Im Süden steht die Schotterserie an den Hängen zum Inn- und Isental und dessen Nebentälern wie etwa des Antersdorfer Baches, des Tanner Baches, des Türkenbaches oder des Reischachbaches an. Da das Rinnentiefste im Raum Perach-Marktl bei etwa 360 m ü. NN liegt, finden sich in diesem Raum die größten Ausstrichmächtigkeiten des Schotters mit Werten bis maximal 90 m. Zu den Rinnenrändern hin erfolgt zunächst stetige leichte Abnahme der Mächtigkeit, dann rasches Auskeilen. Im Norden ist der Peracher Schotter im wesentlichen durch das Talsystem von Rott, Bina und deren Nebentälchen angeschnitten. Da die Schotterbasis dort unter den Talböden liegt, streicht der Schotter hier nur in Mächtigkeiten bis maximal 25–30 m an den Talflanken aus.

Ausbildung und Eigenschaften: Der Peracher Schotter liegt in der Regel als unverfestigte Kies-Sand Abfolge vor, die nur gelegentlich konglomeratische Lagen enthält. Ebenso treten schluffig-tonige bzw. mergelige Einschaltungen nur untergeordnet und in geringer Mächtigkeit auf, so daß sie in einem Abbau größeren Umfangs im allgemeinen nicht hinderlich sind. Überwiegend sandige Lagen können eingeschaltet sein.

Insgesamt ist die Abfolge als Grobschotter zu charakterisieren, wobei eine Änderung der Korngrößenzusammensetzung bei etwa 400 m ü. NN auftritt. Unterhalb dieser Höhenmarke herrschen sandige Kiese mit einem hohen Anteil an Grobkomponenten vor. Diese Lagen sind vor allem im südlichen Verbreitungsgebiet anzutreffen. Die über 400 m und damit hauptsächlich im Norden ausstreichenden Schotter stellen sandige Fein-, Mittel- und Grobkiese bei etwas zurücktretendem Grobanteil dar. Das sandige Zwischenmittel enthält Glimmer. Der Schlämmkornanteil beträgt bis 5%.

Die petrographische Zusammensetzung der Gerölle verdeutlicht eine Vormacht an Quarzen mit einem Anteil von durchschnittlich 70%, gefolgt von Kristallingeröllen (ca. 20%) und untergeordnet kalkalpinen Sedimenten (ca. 10%). Ein Teil der Gerölle ist gelegentlich angewittert oder grusig zersetzt. Je nach dem Grad der Verwitterung wechselt die Farbe des Schotters zwischen gelblichbräunlich in Oberflächennähe und grau in größerer Tiefe. Die Braunfärbung ist durch feines Eisenoxid auf der Geröllloberfläche verursacht. Sie mindert nicht die Materialeigenschaften der Kiese.

Die in aller Regel festen, widerstandsfähigen Gerölle, die ein breit gefächertes Korngrößenspektrum aufweisen, zeichnen den Peracher Schotter als Rohstoff mit guter Materialqualität aus, der nach entsprechender Aufbereitung den übrigen tertiären Grobschottern wie auch den quartären Kiesen der Flußtäler und -terrassen durchaus vergleichbar ist.

Gewinnung und Verwendung: Der Peracher Schotter wird nur in vergleichsweise begrenztem Umfang abgebaut bzw. durch entsprechende Aufbereitung als güteüberwachtes Material verarbeitet. Er wurde bisher vorwiegend für den örtlichen bzw. kommunalen Bedarf, so vor allem im Wegebau verwendet. Grundsätzlich könnte jedoch der Schotter als Rohmaterial in allen wichtigen Bereichen der Bauwirtschaft eingesetzt werden. Für die Herstellung von Brechgut gelten allerdings die bereits beim Landshuter Schotter genannten Vorbehalte, da das vorherrschende Quarzkorn spiesig-feinsplittrig bricht.

Die bisher geringe Inanspruchnahme des durchweg trocken zu gewinnenden Schotters ist vor allem auf folgende Umstände zurückzuführen: Im Süden liegt der Schotter in unmittelbarer Nachbarschaft zu den hochwertigen, leicht gewinnbaren Quartärkiesen des Inntales. Dagegen steht der Peracher Schotter hier in steilen Talhängen an, die sich wegen rasch ansteigender Gruben- bzw. Abraumhöhe nicht in jedem Falle zur Anlage von Abbauen eignen, zumal sie auch häufig bewaldet sind. Im Norden, etwa im Bereich des Rott-Tales tritt der Schotter mit seinen weniger groben Hangendpartien und in geringerer Mächtigkeit neben den weiter verbreiteten und etwas mehr „Körnung" enthaltenden Vorkommen des Landshuter Schotters auf. Auch bei der Gewinnung des Peracher Schotters stellt sich die Frage nach der für die Naßaufbereitung notwendigen Beschaffung von Waschwasser. Gerade bei Gewinnungsstellen großen Umfangs, wie sie bei der Gewinnung von Tertiärkiesen sinnvoll wären, kann diese Frage zum entscheidenden Problem werden.

Der Peracher Schotter ist deshalb als eine neben den anderen tertiären Grobschottern wichtige Rohstoffreserve anzusehen, die dann an Bedeutung gewinnen wird, wenn die Verfügbarkeit der quartären Talkiese mittel- bis längerfristig erschwert ist.

Quarzrestschotter (812)

(HERMANN WEINIG)

Der Quarzrestschotter gehört der Schüttung des Landshuter Schotters an und stellt sein in Ostniederbayern verbreitetes Äquivalent dar. Im Gegensatz zum Gebiet der Landshuter Schotter im Westen trat im Osten mit einer Sedimentationspause eine Zeit tiefgreifender Verwitterung ein. Die durch entsprechendes Klima und eine säurebildende Pflanzendecke, vor allem Moore, geförderte Verwitterung ergriff über weite Bereiche einen Teil des Schotterpaketes und drang bis zu dessen Basis vor. Da der Verwitterung alle Silikat- und Karbonat-Gerölle zum Opfer fielen, entstand als völlig neuer Schottertyp ein Restschotter, der fast nur noch verwitterungsbeständige Quarze enthält. Die Quarzrestschotter gehen nach Westen allmählich in den Landshuter Schotter über, während die Südgrenze gegen den jüngeren Peracher Schotter vom Inn bis zum Sulzbach als Diskordanz scharf ausgebildet ist.

Die Mächtigkeiten des Quarzrestschotters bewegen sich im allgemeinen zwischen 20 und 30 m, im Süden angeblich auch weit darüber (bis über 40 m?). Allgemein erfolgt eine Mächtigkeitsabnahme von S nach N. Die oberen 1–3 m des Schotters sind häufig durch kieseliges Bindemittel zu einem harten Konglomerat („Quarzitkonglomerat", besser: Quarzkonglomerat) umgebildet. Wo dieses durchschnittlich 2 m mächtige Konglomerat ausgebildet ist, bildet es Härtlingsplatten, die als bewaldete Plateaus ein für Ostniederbayern charakteristisches Landschaftselement darstellen. Nach einer meist deutlichen Hangkante, die häufig sogar als Abbruchkante ausgebildet ist, folgt der Ausstrich des unverfestigten Schotterpakets meist in Form von Steilhängen, die zu den flacher geböschten Hängen der liegenden Süßwasserschichten überleiten.

Ausbildung und Eigenschaften: Das Schichtpaket des Quarzrestschotters wurde von oben her von der Verwitterung erfaßt, weshalb der Verwitterungsgrad des Schotters nach unten abnimmt. Hierfür dürften auch sandig-tonige Zwischenlagen verantwortlich sein, deren gehäuftes Auftreten in bestimmten Lagen zu einer Aufgliederung der Serie in Oberen, Mittleren und Unteren Quarzrestschotter Anlaß gaben. Im Oberen, am stärksten verwitterten Drittel der Schotterserie ist der Grobschottercharakter am besten ausgebildet: Er besteht aus schwach sandigen Kiesen, vornehmlich der Mittel- und Grobfraktion. Alle ursprünglichen Nichtquarzgerölle liegen als toniger, überwiegend kaoliniger Zersatz vor. Nach unten zu finden sich auch weniger stark verwitterte, an der Basis sogar unverwitterte Partien („Steinbach Fazies"). Ebenso ist nach unten eine Abnahme des Grobkiesanteils zugunsten der Mittelkiese bei leicht erhöhtem Sandanteil bzw. der Einschaltung von Sandlinsen festzustellen. Charakteristisches Merkmal des Quarzrestschotters ist der meist hohe Tongehalt, der bis zu 20%

erreichen kann. Die in der Tonfraktion vorherrschenden Kaolinite geben dem Schotter vielerorts eine helle bis weiße Farbe. Abschlämmbare Anteile und das Kies-Sand-Gerüst ergeben beim Abbau häufig eine innige Vermischung, die die Verwendungsmöglichkeiten des Materials beeinflußt. Als Restschottergerölle liegen in der Regel Quarze vor, lediglich in tieferen Lagen treten auch unverwitterte oder mürbe Kristallingesteine oder Kalke auf.

Gewinnung und Verwendung: Die bisherigen Kiesgruben sind in der Mehrzahl im oberen Drittel des Schotterpaketes angelegt, da im steil geböschten Bereich wenig Abraum in Form von verrutschtem oder abgeschwemmtem Material anfällt. Grundwasserführende Horizonte werden hier nur in Ausnahmefällen angeschnitten.

Obgleich der Quarzrestschotter hinsichtlich der Qualität der Gerölle sehr gutes Material darstellt, scheidet er als Rohstoff für die Bauindustrie infolge seines hohen Tonanteils, der die Aufbereitung sehr erschwert, im allgemeinen aus. Vor allem die saubere Abtrennung des Sandanteils bereitet Schwierigkeiten. Wegen der weiten Verbreitung von anderen Kies- und Sandvorkommen in Niederbayern dürfte eine Verwendung der Quarzrestschotter etwa im Betonbau auch künftig die Ausnahme darstellen (z.B. Abbau westlich Pfarrkirchen).

Das Material dient hauptsächlich dem Bau von Forst- und Wirtschaftswegen, zur Dammschüttung etwa im Wasserbau sowie dem privaten Bedarf. Obwohl der Schotter im Anstehenden als wasserleitend anzusehen ist, läßt er sich gut verdichten und als wasserstauendes Material verbauen. So besteht z.B. der Kern des Staudammes von Postmünster (Vilstal) aus Quarzrestschotter. Auch seine Verwendung im Wegebau ist auf die Eignung des Schotters als leicht bindiges, tragendes Material zurückzuführen. Stärkerer Tongehalt bringt allerdings Rutschgefahr mit sich.

Reine Quarze sind ein wichtiger Rohstoff, der in der metallurgischen Industrie zur Herstellung von Siliziumlegierungen benötigt wird. In dieser Hinsicht sind die Quarzgerölle des Schotters als Rohstoff anzusehen, der auf längere Sicht eine Alternative zur Gewinnung von Quarzen des Pfahlsystems in Betracht zu ziehen ist (vgl. hierzu: Quarzgänge, Nr. 160). Da die Anforderungen an das Rohmaterial hinsichtlich seiner Reinheit sehr hoch sind, ist die Verbreitung geeigneter Vorkommen sowie der Umfang der Verwendung noch nicht zu übersehen. Für den Quarzrestschotter als Rohstoff der metallurgischen Industrie sprechen jedenfalls die leichte Gewinnbarkeit, seine für die industrielle Verarbeitung günstigen Korngrößen, wie auch die geringe Transportentfernung zu den Verarbeitungsbetrieben in Pocking und Hart a.d. Alz, den einzigen ihrer Art in der Bundesrepublik.

Vorkommen: Das Auftreten des Quarzrestschotters ist auf das östliche Niederbayern beschränkt. Die Karte stellt lediglich sein großräumiges Verbreitungsgebiet dar, das durch das Tal der Rott im wesentlichen in zwei große Areale getrennt wird. Der Quarzrestschotter nimmt dort, durch Täler zerlappt und gebuchtet, Höhenrücken oder ausgedehnte Plateaus ein, an deren Rändern er in Steilhängen ausstreicht. Vor allem dort befinden sich gewinnbare Vorkommen. Die Plateaus selbst werden entweder vom Quarzkonglomerat gebildet bzw. von feinkörnigen tertiären Sedimenten bedeckt. Sie scheiden daher für die Schottergewinnung aus.

Kiese und Sande des Molassebeckens außerhalb der Grobschotterserien (813)

In dieser Gruppe sind zahlreiche Ablagerungen teils verschiedener stratigraphischer Stellung bzw. feinkörnige Äquivalente der oben (Nr. 810–812) beschriebenen Grobschotter zusammengefaßt. Diese Zusammenfassung ist durch die im Vergleich zu den Grobsedimenten wesentlich geringere wirtschaftliche Bedeutung der einzelnen Abfolgen gerechtfertigt, wenngleich auch diese Sedimente die Rohstoffbasis z.B. auch für produzierende Betriebe darstellen. In der Regel handelt es sich jedoch um weit verbreitete Massenrohstoffe, weshalb auf ihre flächenmäßige Darstellung, da im wesentlich aus der geologischen Grundlage zu ersehen, verzichtet wurde.

Diese Gruppe tertiärer Lockersedimente soll nach der Reihenfolge ihrer technischen Bedeutung untergliedert werden in die weit verbreiteten, teilweise kiesführenden Abfolgen Mittlere Serie bzw. Hauptkies und die Obere Serie bzw. Hangendserie.

Diese Abfolgen tragen westlich des Lech mit den Schotterplatten und Terrassen der schwäbischen Riedellandschaft mächtige quartäre Deckschichten. Das Tertiär tritt hier nur an den Hängen der Riedelrücken oder in bereits stärker abgetragenem Hügelgebiet zutage.

Einige Sand- und Feinkieslagen Ostniederbayerns besitzen keine besondere wirtschaftliche Bedeutung. Dagegen nehmen die Glassande der Faltenmolasse aus technischer Sicht eine Sonderstellung ein.

Mittlere Serie bzw. Hauptkies

(HERMANN WEINIG)

Den Hauptanteil dieser Sedimentgruppe stellt eine Abfolge dar, die allgemein als „Mittlere Serie", bei kiesiger Ausbildung auch im Unterschied zur liegenden „Unteren" und zur hangenden „Oberen Serie" auch als „Hauptkies" bezeichnet wird. Sie bildet als feinerkörniges Äquivalent des Landshuter Schotters (Nr. 811) dessen westliche Fortsetzung und hat den größten Anteil am Aufbau der westlichen Vorlandmolasse. Die etwa 100–200 m mächtige Mittlere Serie streicht östlich des Lech, bedingt durch äußerst geringes Einfallen und nach Süden gerichteten Geländeanstieg des Hügellandes, im Gebiet zwischen den Tälern von Amper-Glonn sowie Paar bzw. Ilm aus, wobei sie das auf der Karte gekennzeichnete Gebiet des Landshuter Schotters auch im Norden noch bis in Donaunähe umschließt. Östlich des Lech führt die Mittlere Serie noch reichlich Lagen sandiger Kiese, überwiegend der Fein- und Mittelfraktion, was zur Bezeichnung „Hauptkieslager" führte. Freilich ist diese Abfolge häufig als kiesiger Sand oder nur schwach kiesdurchsetzter Sand ausgebildet, bisweilen auch von tonig-mergeligen Einschaltungen durchsetzt. Der Übergang aus den groben Landshuter Schottern erfolgt allmählich. Westlich des Lech finden sich nur noch gelegentlich kiesige Einschaltungen, die im Bereich einer mehrere Kilometer breiten Zone um die Linie Augsburg-Kellmünz noch am häufigsten anzutreffen

sind. Diese Sande mit hohem Grobsand-Feinkiesanteil wurden in der geologischen Literatur je nach Mächtigkeit und Körnung im Augsburger Raum „Geröllsande", „Hauptgeröllsande", im Illergebiet auch „Erolzheimer Sande" genannt, im Volksmund und in der praktischen Anwendung heißen sie „Rieselsande".

Allgemein herrschen jedoch bereits um Augsburg wie vor allem bis zur Iller die Sandfraktionen vor, ebenso häufen sich bindige Einschaltungen wie feinsandig-schluffig-tonige Lagen, die bei entsprechender Mächtigkeit als Ziegeleirohstoffe (Nr. 941, 942) gesucht sind. Die wechselnd grauen und hell- bis dunkelgelbbraunen Sande gehören fast ganz der Fein- und Mittelfraktion an und enthalten feine Hellglimmerblättchen. Auf die Glimmerführung ist die Bezeichnung „Flinz-Sand" zurückzuführen, auch „Fohsand" bzw. „Pfohsand" sind gebräuchlich.

Die petrographische Zusammensetzung der Kiese wie auch der Sande besteht zu etwa 90% aus Quarzen bzw. Quarzen mit geringfügigen Fremdbeimengungen (etwa Pegmatitgesteinen). Den Rest der Kiesfraktion teilen sich kristalline oder sedimentäre Hartgesteine. Karbonate treten gelegentlich nahe der Grobschotter-verbreitung auf. Die Sande enthalten neben dem Quarz zusammen etwa 10% Feldspat, Glimmer, Hornblende und Roteisen. Gelegentliche Karbonatgehalte sind auf den Einfluß hangender Mergel oder von Löß zurückzuführen. So sind gelegentlich die Sande plattig oder zapfenartig durch kalkiges Bindemittel zu hartem Kalksandstein verfestigt.

Obere Serie bzw. Hangendserie

(HERMANN WEINIG)

Diese im Osten des Tertiären Hügellandes als Hangendserie, westlich der Linie München-Ingolstadt als Obere Serie bezeichnete, bis zu 100 m mächtige Sedimentabfolge enthält Schüttungen mehrerer Liefergebiete und ist örtlich sehr verschieden zusammengesetzt. Die Schüttung der Hangendserie hat sich durch Kornverfeinerung aus dem Peracher Schotter entwickelt bzw. vertritt ihn als feinerkörnige Fortsetzung in Transportrichtung nach Westen. Sie stellt somit das Hangende des Peracher- und Landshuter Schotters bzw. dessen feinerkörnige Äquivalente dar und bildet im Verbreitungsgebiet der Grobschotter in der Regel die Bergkuppen, d.h. die Dachfläche des Tertiärhügellandes. Nach Süden zu übernimmt die Hangend- bzw. Obere Serie, mit dem Abtauchen der Grobschotter unter die Talböden, allein den Aufbau der Tertiärhügel. In der Westmolasse löst sie die Mittlere Serie etwa südlich der Linie Schwabmünchen-Memmingen ab.

Die Hangendserie besteht aus einer horizontal und vertikal wechselnden Folge aus sandigen bis stark sandigen Kiesen, vornehmlich der Fein- und Mittelfraktion, aus kiesdurchsetzten Sanden und reinen Sanden. Dazwischen liegen schluffig-tonig-mergelige Feinsedimente. Auch hier ist eine deutliche Korngrößenabnahme allgemein von Osten nach Westen festzustellen. Während im Osten mehrere Meter mächtige Kieslagen noch häufig anzutreffen sind – sehr gut z.B. in den Bentonittagebauen um Landshut als Abraum erschlossen – stellt sich weiter im Westen zunehmend sandige Fazies ein, die westlich des Lech vorherrscht.

Eine Unterscheidung von Hangendserie und Landshuter Schotter ist aus praktischer Sicht dort nicht mehr angebracht, wo sich die Feinkornäquivalente des Grobschotters von ihren Hangendschichten nur unwesentlich abheben bzw. nur noch nach speziellen petrographischen Merkmalen zu unterscheiden sind. Dies gilt nahezu für den gesamten Bereich außerhalb der in der Karte gekennzeichneten Grobschotter wie praktisch für die gesamte Westmolasse.

Der petrographische Bestand der Hangend- bzw. Oberen Serie ist mit der Mittelkies-, Feinkies-Sand-Folge der Mittleren Serie aus praktischer Sicht vergleichbar: Vorherrschendes Merkmal ist der ca. 90%ige Quarzkorngehalt der Kiese und Sande. Karbonate treten nur untergeordnet auf.

Die Hangendserie ist in bisher nicht im einzelnen zu übersehender Weise verzahnt mit einer dem Kristallin des Bayerischen Waldes entstammenden Schüttung aus hellen Mittel- bis Grobsanden, Fein- und sogar Mittelkiesen. Die Schüttung ist durch einen wechselnden Gehalt an Feldspäten charakterisiert (bis max. 50%, im Regelfall jedoch 20% nicht übersteigend). Sie wird daher allgemein als Feldspatsand bezeichnet. Die über eine Profilhöhe von 40–50 m mit der Hangendserie verzahnten, als geschlossenes Schichtpaket dünnlagigen oder mehrere Meter bis zu 30 m mächtigen Feldspatsande haben ihre Hauptverbreitung östlich der Unteren Isar. Dort treten auch gröbere Bestandteile in den Vordergrund, wobei im Grenzgebiet oder als Überlagerung der Quarzrestschotter kiesig-sandige Mischsedimente auftreten, ebenso auch im Gebiet des Ortenburger Schotters (vgl. Nr. 810). Gegen Westen treten die Feldspatsande mit zunehmender Kornverfeinerung (Mittelsand) und Vermischung mit der alpinen Hangendserie mengenmäßig stark zurück. Sie erreichen das Lechgebiet nicht. Die Südgrenze ihrer Hauptverbreitung im Osten liegt nördlich der Talzüge von Rott, Bina und Kleiner Vils.

Gewinnung und Verwendung: Die vorstehend dargestellten Kiese der drei Serien der Oberen Süßwassermolasse nehmen neben den wirtschaftlich bedeutenden Grobschottern als Rohstoffpotential nur eine untergeordnete Stellung ein. Gleichwohl erreichen sie mit zahlreichen Gewinnungsstellen örtliche Bedeutung als Rohstoffbasis für viele Betriebe. Auf der Karte sind nur die gewerblichen sowie größeren Gemeinde- oder Forstgruben dargestellt. Auf die Übernahme zahlreicher weiterer, gelegentlich genutzter, kaum im Landschaftsbild auffallender Kleinabbaue mußte der Übersichtlichkeit wegen verzichtet werden.

Da die gröbere Ausbildung der Hangendserie im Osten mit dem Hauptverbreitungsgebiet der Grobschotter in etwa zusammenfällt, werden sie dort nur selten für sich allein in größerem Umfang genutzt. Außerhalb der Grobschotter werden jedoch Mittlere- und Obere Serie in mehreren Gruben gewonnen und gewerblich verarbeitet. Aus dem Mittel- und Feinkies werden Betonwaren wie z.B. Rohre, Platten, Verbundsteine, Fertigteile in einem speziellen Fall auch Dachpfannen hergestellt sowie als Zuschlagstoffe im Hoch- und Tiefbau verwendet, wobei fehlendes Grobkorn nötigenfalls durch Quartärkies ersetzt wird.

An mehreren Stellen werden auch die Sande genutzt, wobei die Produktion von Kalksandsteinen an erster Stelle steht. Bei Schrobenhausen wird der Sand auch als Zuschlag für die Herstellung von Leichtbausteinen bzw. -elementen verwendet.

Eine nicht zu überschätzende Bedeutung dieser Kies- und Sandserien liegt in ihrem weit verbreiteten Einsatz im Straßenbau, nur untergeordnet zwar in der Verwendung als güteüberwachtes Material, sondern vielmehr beim Bau und der Instandhaltung des kommunalen oder forstlichen Wegebaus oder etwa bei der Flurbereinigung. Zunehmend greift man bei der Schüttung von Dämmen etwa für den Unterbau von Straßen auf Material aus dem Tertiärgebiet zurück. In beschränktem Maß werden die Sande auch als Mauer- und Putzsande, häufig als Füllmaterial beim Bau von Leitungstrassen verwendet.

Die Bedeutung des Einsatzes großer Massen von qualitativ weniger wertvollem Material liegt vor allem in der hierdurch gegebenen Entlastung der Vorkommen quartärer Talkiese, die damit ihrer Qualität entsprechend anderen Anwendungsbereichen der Bauwirtschaft erhalten bleiben.

Die Materialentnahme aus den in aller Regel grundwasserfreien tertiären Serien ist nur selten durch Einwände aus anderen Interessenbereichen erschwert. Gewinnungsstellen können zudem auch oder gerade bei größeren Eingriffen landschaftsschonend durchgeführt bzw. wieder in die Landschaft eingebunden werden. Ein beachtenswertes Beispiel umfangreicher Materialentnahme und Rekultivierung stellt die Seitenentnahme für die Dammbauten der Autobahn München-Nord dar.

Sande Ostniederbayerns und Untere Serie

(HERMANN WEINIG)

In Ostniederbayern treten einige Sandabfolgen auf, die der Vollständigkeit wegen hier angeführt werden sollen.

Der Ortenburger Meeressand tritt hauptsächlich in der Gegend um Ortenburg zutage. Der durchschnittlich 7 m mächtige, graugrüne, glaukonitführende Grobsand, eine Strandfazies der Oberen Meeresmolasse, wurde z.B. bei Maierhof oder bei Kemating abgebaut.

Weitere Glaukonitgrobsande, z.B. die sog. Brombacher Sande, sind im Raum Ortenburg-Fürstenzell bis zu 15 m mächtig entwickelt.

Verhältnismäßig weite Verbreitung besitzen die Sande der Süßbrackwassermolasse (im wesentlichen: Oncophoraschichten) zwischen Simbach am Inn und dem Vilstal bei Haidenburg-Aidenbach. Die von unten nach oben als Mehlsande, Glimmersande (durchschnittliche Mächtigkeit jeweils 20 m) und Schillsande (durchschnittliche Mächtigkeit 10 m) aufeinanderfolgenden Serien können zwar durch Leithorizonte (s. Nr. 005 Muschelschill) und andere Ausbildungsmerkmale, voneinander getrennt werden. Fast vollständig handelt es sich jedoch um schluffige Feinsande, („Staubsande"), denen gröberes Korn fehlt.

Die wirtschaftliche Bedeutung der vorstehend genannten Sande war bislang unbedeutend. Auch heute findet keine nennenswerte Verwendung dieser Sedimente statt. Die in zahlreichen Kleinabbauen gewonnenen Sande dienten in der Regel dem örtlichen, vor allem dem privaten Bedarf, etwa als Mauersand. Während der

hohe Feinkornanteil der Oncophoraschichten eine Verwendung der Sande in größerem Umfang ausschließt, sind dagegen die glaukonitführenden Grobsande qualitätsmäßig höher einzuschätzen und könnten, wenn auch in bescheidenem Umfang, gelegentlich genutzt werden.

Der Vollständigkeit wegen sei hier die Untere Serie angeführt, die als Liegendes der Landshuter Schotter bzw. der Mittleren Serie im donaunahen Molassegebiet ausstreicht und ihre Hauptverbreitung nördlich einer Linie etwa zwischen Schrobenhausen und Illertissen hat. Abgesehen von vorwiegend feinkiesiger Ausbildung, die im Bereich der Taleinschnitte zwischen Unterer Isar um Landau und Rott bis zu 15 m mächtig zu Tage tritt, besteht die Serie im Westen aus glimmerführenden Feinsanden, denen zahlreiche Feinsedimente zwischengeschaltet sind.

Glassande der subalpinen Molasse-Zone

(Ulrich Lagally)

Im südbayerischen Pechkohlenrevier zwischen Lech und Inn sind an wenigen Stellen oligozäne Sande aufgeschlossen, die aufgrund ihrer besonderen Ausbildung zeitweise Interesse für die Glasherstellung erweckten. Bei den Schichten handelt es sich um Sandsteinhorizonte der im Übergangsbereich der Unteren zur Oberen Bunten Molasse liegenden Cyrenenschichten, die bei Penzberg in zwei, bei Peißenberg-Peiting in drei Lagen unterschiedlicher Mächtigkeit auftreten. Von diesen sog. „Glassanden" ist aufgrund seiner besonderen Ausbildung nur der untere, der in Penzberg ca. 25 m, bei Peißenberg-Peiting bis zu 40 m mächtig wird, von Interesse.

Im Gegensatz zu den übrigen Sandsteinlagen der Cyrenenschichten, die häufig kalkhaltig, z.T. auch sehr hart sind und Mergelbeimengungen führen, ist der untere Glassand vorwiegend als reiner Quarzsand mit kaolinitischem Bindemittel ausgebildet. Er ist im bergfrischen Zustand fest, zerfällt aber, sobald Wasser hinzukommt, zu losem Sande. An der Oberfläche verwittern die meist hellgrauen bis weißen, fein- bis mittelkörnigen, z.T. schluffigen Sandsteine zu rötlichen und bräunlichen Sanden. Das gelegentliche Auftreten eines kalkigen Bindemittels wird auf eine Ablagerung in brakischem Milieu zurückgeführt. Die Schichten im Nordflügel der Nonnenwald- bzw. Peißenberger Mulde weisen ein Südfallen von 25° bis 60° auf.

Die Glassande sind im Penzberger Revier bei Quarzbichl sporadisch an Hügeln und Straßeneinschnitten aufgeschlossen, meist jedoch von pleistozänen und holozänen Ablagerungen wechselnder Mächtigkeit bedeckt. Am Südfuß des Hohenpeißenberges zwischen Sulz und Schendrich sowie bei Peiting am Bühlach und nordwestlich von Ramsau stehen sie an der Oberfläche an, in den dazwischenliegenden Bereichen sind sie ebenfalls von quartären Absätzen überlagert.

Die Glassande wurden früher am Quarzbichl abgebaut und als Rohmaterial zur Glasherstellung bei Nantesbuch verwendet (sog. „Nantesbucher Glassande"); auch

die ehemalige Glashütte Wolfratshausen soll von dort Material bezogen haben. An anderen Stellen, so bei Sulz und am Bühlbach bei Peiting, wurde das Material in geringem Umfang abgegraben und für Bauzwecke und zum Wegebau verwendet; dafür sowie als Mörtelzuschlag dient der Glassand, der sporadisch westlich des Quarzbichl im Trockenabbau gewonnen wird. Das Material eignet sich als Gießereisand sowie als Rohstoff für die keramische und Baustoffindustrie.

Stand 2000

Tertiäre Kiese und Sande Nordbayerns (814)

(ALBERT DOBNER)

Die tertiären Kies- und Sandvorkommen Nordbayerns, die einen wirtschaftlichen Abbau erlauben oder zukünftig von Interesse sein könnten, sind verglichen mit denen des Molassetroges südlich der Donau unbedeutend.

Am Ostrand der Rhön sind pliozäne Sedimente als Reste eines Nord-Süd verlaufenden Flußsystems erhalten. Sie bestehen aus Sand- und Schlufflagen von jeweils mehreren Metern Mächtigkeit. In den Sandlagen ist Fein- und Mittelsand vorherrschend, Grobsand und Feinkies treten nur untergeordnet bzw. selten auf. Die abschlämmbaren Bestandteile (< 0,063 mm) schwanken zwischen 10 und 20%. Mächtige schluffig-tonige Lagen und Linsen, die als Abraum verkippt werden müssen, erschweren den Abbau. Derzeit sind zwei kleinere Gruben östlich von Mellrichstadt und nördlich von Neustadt/Saale bei Wollbach in Betrieb.

In den Senken des nördlichen Oberpfälzer Waldes, die tektonisch die Verlängerung des Egerer Beckens darstellen, kommen örtlich geringmächtige Kiese mit Sanden vor. Überwiegend handelt es sich dabei um sog. „Restschotter", bestehend aus gelben, braunen und rötlichen Quarzkiesen, die mit Eisen- und Manganausfällungen verkittet sind. Ihre Mächtigkeit beträgt meist 2–4 m, selten werden auch 5 m erreicht. Bei Schönhaid und Neualbenreuth werden diese in mehreren kleinen Gruben gewonnen.

Neben den wirtschaftlich wichtigen Tonen (und ehemals Braunkohlen) kamen im tertiären Naab-System auch weitflächig Sande zur Ablagerung (vergl. Nr. 943). In ihrer grobkörnigen Ausbildung handelt es sich meist um Grobsand und Feinkies, deren Farbvarietäten vom Gelbbraun bis fast zum Weiß reichen. Die Gerölle bestehen nahezu ausschließlich aus Quarz. Infolge ihrer starken Wechsellagerung mit Tonschichten und oft hohen Anteils an Feindsedimenten, erreichen sie nur geringe wirtschaftliche Bedeutung. Teils werden sie den Tonen als Magerungsmittel zugesetzt, teils werden sie als Bausand verwendet. Sie können meist nur dort gewonnen werden, wo sie als Abraum beim Tonabbau anfallen.

Bei Monheim und im Raum Hafenreut-Buchdorf liegen auf der Hochfläche der Alb Reste einer tertiären Sandaufschüttung (" Monheimer Höhensande"). Die Größe der einzelnen Verbreitungsgebiete reicht von wenigen 100 Metern bis mehrere Kilometer. In den lebhaft schräg geschichteten, gelblich bis rostbraunen Mittel- und Grobsanden liegen Feinkieseinschaltungen, aber auch tonige Lagen. Besonders charakteristisch sind die bis 0,3 m mächtigen

Eisen-Mangan-Oxidbänder, die als Verfestigungen den Abbau beeinträchtigen. Gewöhnlich liegen die Mächtigkeiten unter 10 m, können aber nördlich Monheim bis 30 m anwachsen. Die Sande werden derzeit nicht genutzt.

All diese Vorkommen sind nur von örtlichem Interesse und werden auch künftig für die Rohstoffversorgung der Bauindustrie nur eine geringe Rolle spielen.

Stand 2000

Kiese und Sande des glazialen und glazifluviatilen Bereiches

Alt- und ältestpleistozäne Kiese und Sande (820)

(Ältere und älteste Deckenschotter)

(HERMANN WEINIG)

Die hier zusammengefaßten Schotter sind Ablagerungen der Günzeiszeit und älterer Eiszeiten. Ihr Hauptverbreitungsgebiet liegt zwischen Iller und Lech, wo sie als Riedelrücken die höchsten Erhebungen der „Iller-Lech-Platte" bilden. Wegen ihrer deckenartigen Verbreitung werden sie auch als (ältere und älteste) Deckenschotter bezeichnet. Diese Schotter können zwar nach Alter, Geröllbestand, Mächtigkeiten und Deckschichten unterschieden werden, was aber aus praktischer Sicht hier nicht erforderlich ist. Da diese Ablagerungen, obgleich weit verbreitet, nur geringe wirtschaftlich-technische Bedeutung besitzen, genügt es, sie unter Herausstellung ihrer gemeinsamen Hauptmerkmale in zusammengefaßter Form zu behandeln.

Auf der Karte sind die Verbreitungsgebiete der Deckenschotter unter Verzicht auf detaillierte Darstellung etwa nördlich der Linie Memmingen-Schwabmünchen gekennzeichnet, da in diesen Vorkommen im Vergleich zu den südlichen moränennahen Schottern die den Abbau behindernde Nagelfluhbildung weniger stark ausgebildet ist.

Für die Mächtigkeiten der Deckenschotter gelten folgende Größenordnungen: Sie sind in Moränennähe am höchsten (bis über 20 m) und nehmen nach Norden zuerst rascher, dann nur noch allmählich ab. Die Mächtigkeiten der auf der Karte dargestellten Schotter betragen im Süden zwischen 10 und 15 m und nehmen bis in Donaunähe auf Werte deutlich unter 10 m ab. Die Schotter sind, abgesehen von zentralen Teilen der Schotterplatten, grundwasserfrei.

Die im Süden sehr groben Schotter (in der Regel sandige bis schwach sandige Kiese mit deutlich hervortretendem Grobkies-, meist auch Steinanteil) verfeinern ihr Korn gegen Norden und liegen allgemein als sandige Kiese aller Korngruppen vor.

Folgende gemeinsame qualitätsmildernde Hauptmerkmale, durch die sich die Deckenschotter von jüngeren Schüttungen unterscheiden, sind bedeutsam:

Das hohe Alter der Ablagerungen ließ die Verwitterung tief eingreifen. Sie dringt häufig bis zur Basis vor. Die Folge ist ein deutlicher Anteil mürber, brüchiger Gerölle, vor allem aber aschig zerfallender Dolomite. Die oberen Lagen (bis 2 m) sind von lehmiger Verwitterung erfaßt, die örtlich auch keilartig mehrere Meter tief vordringen kann (Geologische Orgeln).

Die Deckenschotter sind häufig durch Nagelfluhbildung gekennzeichnet. Erfahrungsgemäß sind vor allem die randlichen Teile der Schotterplatten stärker verfestigt. Schließlich nimmt der Grad der Verfestigung allgemein von Süden nach Norden ab.

Deckenschotter tragen in der Regel eine besonders mächtige Lößlehmdecke, die allenfalls randlich nahezu oder teilweise abgetragen ist. In hangferneren Teilen sind dagegen Mächtigkeiten bis über 10 m anzutreffen.

Gewinnung und Verwendung: Infolge Verwitterung, Verfestigung und mächtiger Bedeckung ist innerhalb der Deckenschotter nur in Ausnahmefällen Material anzutreffen, das an Qualität und Verwendbarkeit jüngeren Schottern in etwa vergleichbar ist. Deshalb scheiden die Deckenschotter – wenn auch früher in etlichen Gruben, teils auch Steinbrüchen auf Nagelfluh (s. Nr. 740) abgebaut – heute für die Anlage größerer Gewinnungsstellen von Baustoffen des Hoch- und Tiefbaus im allgemeinen aus. Sie können in dieser Hinsicht nicht als Alternative zu den Gewinnungsstellen der Talauen angesehen werden. Allerdings stellen sie ein weitverbreitetes, an vielen Stellen verfügbares Potential an Baumaterial minderer Qualität dar, das etwa als Dammschüttmaterial, Auffüllmaterial als Unterbau bei bestimmten Straßenbaumaßnahmen oder zur Beschotterung von Gemeinde- und Forststraßen verwendet werden kann. Hier kann sogar eine gewisse Bindigkeit des Schottermaterials von Vorteil sein. Die heute bestehenden, meist nur im Bedarfsfall genutzten Gruben dienen diesen oder ähnlichen Verwendungszwecken. In diesem Sinn wäre künftig zur Schonung der Vorräte an wertvollen jüngeren Tal- und Terrassenschottern (vgl. bes. Nr. 821 und 824) im Bedarfsfall eine stärkere Inanspruchnahme von Deckenschottern angebracht.

Alt- und mittelpleistozäne Kiese und Sande (821)

(Jüngere Deckenschotter, Hochterrassen, Vorstoßschotter)

Die Kiese und Sande dieser geologischen Körper gehören der Mindeleiszeit (Jüngere Deckenschotter) und der Rißeiszeit (Hochterrassen bzw. zugehörige Vorstoßschotter) an. Sie begleiten die Talzüge meist in Form von höherliegenden Terrassen oder Riedelrücken. Aufgrund ihres Alters und des davon abhängenden Verwitterungsgrades wie auch nach ihren Deckschichten und der morphologischen Exposition lassen sich diese Schotter aus lagerstättenkundlicher Sicht zu einer Gruppe zusammenfassen. Ihre wesentlichen gemeinsamen Merkmale, mit denen sie sich von den älteren (Nr. 820) und den jüngeren glazifluviatilen Ablagerungen (Nr. 824) unterscheiden, seien im folgenden angeführt und der Beschreibung der Einzelvorkommen vorangestellt. Dabei sind drei wesentliche, für die Praxis bedeutsame Eigenschaften herauszustellen:

Infolge ihrer Altersstellung besitzen die Schotter einen Verwitterungsgrad, bei dem ein geringer Teil der Gerölle, vor allem manche kristallinen Komponenten, Flyschgesteine oder auch Dolomite, brüchig oder mürbe vorliegen. Die eigentliche, stärker lehmdurchsetzte Zone der Verwitterung und Bodenbildung greift 1–2 m tief in den Kieskörper ein und ist zum größten Teil, häufig auch ganz, dem Abraum zuzuschlagen. In der Regel werden die mürben Anteile aber bei der Aufbereitung zerlegt und finden sich im Sand- oder Schlämmkorn wieder. Daher wird letztlich in den meisten Fällen aus qualitativ minderwertigerem Ausgangsmaterial ein frisches, festes Kies-Sandgemisch gewonnen, das qualitätsmäßig dem jungglazialen Material vergleichbar ist.

Die riß- und mindeleiszeitlichen Schotter tragen fast regelmäßig eine Deckschicht aus Löß bzw. Lößlehm. Während in der Nähe der Terrassenkante die Deckschicht häufig teilweise oder ganz abgetragen ist, wird ihre Mächtigkeit in Hangnähe vielfach durch abgeschwemmtes Material oder Fließerden verstärkt. Da gerade dort häufig gleichzeitig eine Mächtigkeitsabnahme des Schotterkörpers vorliegt, fallen die hangnahen Terrassenteile wegen ungünstiger Kies-Abraumverhältnisse für die Gewinnung meist aus. Dort, wo die Löß- oder Fließlehme etwa 5 m und mehr mächtig werden, können sie ihrerseits als Ziegeleirohstoffe genutzt werden (Nr. 951).

Große praktische Bedeutung kommt dem Grundwasserstand der Hochterrassen und der Jüngeren Deckenschotter zu. Diese Terrassen liegen in der Regel „hoch" über dem Talboden. Wenn ihre grundwasserstauende Basisfläche über dem Talboden ausstreicht, was bei den Deckenschottern die Regel, bei den Hochterrassen sehr häufig der Fall ist, liegen die Schotter in Terrassenrandnähe völlig trocken, da das Grundwasser über dem Stauhorizont, stellenweise Quellen oder Naßstellen bildend, ausläuft. Liegt die Terrassenbasis tiefer, setzt sich der Grundwasserkörper der Talaue in die Hochterrassenschotter fort. In jedem Falle steigt die Grundwasseroberfläche terrasseneinwärts stetig an. Sie kann bis zum talbegrenzenden Hanganstieg die Schotteroberkante erreichen. Insofern können Hochterrassen und Deckenschotter an der Terrassenkante größtenteils oder vollständig trocken abgebaut werden, während weiter im Innern der Terrassen zunehmend Naßabbau erforderlich ist.

Jüngere Deckenschotter

(Hermann Weinig)

Schmelzwasserablagerungen der Mindeleiszeit werden auch als Jüngere Deckenschotter bezeichnet. Sie sind vor allem im moränennahen Raum zwischen Iller und Wertach erhalten, wo sie zum Teil noch durch Übergangskegel mit ihren Moränen verbunden sind. Im Mindeltal begleiten sie dagegen das Tal als Terrasse auf nahezu gesamter Länge. Größere Verbreitung besitzen mindeleiszeitliche Schotter noch südlich der Isarmündung.

Aus der Sicht ihrer Verwertbarkeit sind die mindeleiszeitlichen Schotter zu trennen in die moränennahen Vorkommen sowie die talbegleitenden Terrassen.

Mindeleiszeitliche Schotter moränennaher Bereiche:

Die in größerer Höhe über den Talböden als Deckenschotter bzw. Riedelrücken auftretenden Ablagerungen besitzen im Süden Mächtigkeiten bis zu 25 m, die bis zum Nordende der Riedelrücken auf etwa 15 m und weniger abfallen. Sie zeigen in ihrer Ausbildung noch starke Anklänge zu den Alt- und Ältestpleistozänen Schottern (vgl. Nr. 820). Infolge ihres jüngeren Alters sind sie im Vergleich zu ihnen aber weniger stark verwittert. Allerdings ist ein Großteil der Dolomite, die reichlich im Schotterspektrum vertreten sind, stark angegriffen bzw. zu Asche zerfallen. Verwitterungsanfällige Kristallinkomponenten sind nur untergeordnet vertreten. Den Hauptanteil der Schotter bilden unversehrte kalkalpine Gerölle. Die Schotter tragen eine Lehmschicht bis zu mehreren Metern Mächtigkeit, die freilich randlich ganz oder weitgehend abgetragen ist. Die Schotter führen kein Grundwasser.

Die moränennahen Schotter zeichnen sich durch häufiges Auftreten von Nagelfluhbildung aus. Diese kann den Schotterkörper selbst im Inneren der Riedelrücken bis zur Hälfte erfassen.

Die moränennahen Jüngeren Deckenschotter eignen sich im allgemeinen nicht zur ungehinderten Gewinnung von Kiesen. Sie sind auf der Karte nicht ausgehalten. Die wichtigsten ihrer Vorkommen seien wie folgt aufgeführt: Das „Grönenbacher Feld" zwischen Grönenbacher Wald und Woringen, die Riedelrücken bei Guggenberg und Stephansried, der langgezogene Rücken zwischen Wineden-Oberegg im Süden und Stetten im Norden. Die Schotterplatte zwischen Eggenthal und Hechenried und die Schotterfelder zwischen Mindeltal und Floßachtal (s. Karte), die bereits zu den Terrassenschottern des Mindeltales überleiten.

Mindeleiszeitliche Schotter zwischen Kirchheim und Burgau

Die mindelzeitliche, durchschnittlich 1 km breite Terrasse steigt mehr als 40 m über die Talaue der Mindel an und begleitet, mehrfach unterbrochen, das Mindeltal bei Kirchheim, Prembach, zwischen Thannhausen und Jettingen sowie – vom Kammlachtal durchschnitten – zwischen Burgau und Offingen. Die Mächtigkeiten der Schotter betragen über 10 m im Süden, rasch abnehmend auf etwa 7–8 m im Norden.

Die vollkommen grundwasserfreien Schotter tragen lehmige Deckschichten bis zu 2 m Mächtigkeit, die randlich auch fehlen.

Die feinsandigen Kiese vorwiegend der Mittelfraktion sind zumindest im mittleren und nördlichen Mindeltal unverfestigt. Im Süden sind dagegen Nagelfluhnester oder -lagen nicht ganz auszuschließen. Die überwiegend karbonatischen Schotter führen aschig zerfallende Dolomite, sind aber sonst kaum von Verwitterung angegriffen. Ihr Material ist nach Aufbereitung als Baurohstoff zu verwenden.

In den Schottern der Kirchheim-Burgauer Mindelterrasse sind bereits an mehreren Stellen, so vor allem nördlich Kirchheim sowie nördlich Burgau, Kiesgruben geringeren Umfangs angelegt. Allerdings wurde nur gelegentlich Abbau betrieben. Bereichsweise bietet die Mindelterrasse die Möglichkeit zu

weiterer, an die bestehenden Trockenabbaue anschließender bzw. diese zusammenfassender Kiesgewinnung. Es bieten sich dabei die randlichen Terrassenteile etwa zwischen Burtenbach und Jettingen oder nördlich Kirchheim an. Eine gleichwertige Alternative zur Kiesgewinnung aus der Mindeltalaue geben die Terrassenkiese jedoch auf längere Sicht nicht ab.

Mindeleiszeitliche Terrasse zwischen Regensburg und Pleinting

Bei Köfering setzt eine schmale mindeleiszeitliche Terrassenleiste ein, die bis Straubing auf 5 km Breite anwächst und bei Paizkofen, 2 km breit, gegen die Isarhochterrasse abbricht.

Die Mächtigkeiten der von mächtigeren Decklehmen, kiesigen Schwemmfächern, östlich Sünching auch von aufgewehten Sanden bedeckten, nur teilweise grundwasserführenden Hochterrasse sind nur unzureichend bekannt. Sie könnten über 10 m erreichen. Die schlecht erschlossenen Schotter lassen sandreiche Fein- und Mittelkiese, talabwärts auch etwas gröberes, immer jedoch sehr sandreiches Material des tertiären Einzugsgebietes erkennen. Auch stärker schluffige Lagen wurden erbohrt.

Östlich der Isar nehmen die mindelzeitlichen Schotter ein großes Dreieck ein, begrenzt durch die Ortschaften Oberpöring – Langenisarhofen – Pleinting. Ihre Mächtigkeiten bewegen sich zwischen 5 und über 10 m. Die Deckschichten (Lehme mit lehmig verwittertem Schotter) erreichen Mächtigkeiten von mehreren Metern, bei dünenartigen Aufwehungen bis über 10 m. Die Schotter, vorwiegend sandige Mittelkiese, liegen nur in der Nähe des Terrassenrandes ganz trocken, sonst aber etwa zur Hälfte im Grundwasserbereich.

Die bisher fast nicht genutzten Schottervorkommen sind infolge ihres Kornaufbaus und wegen der mächtigen Überdeckung und des Verwitterungsgrades an Qualität nicht mit den jüngeren Talschottern zu vergleichen. Jedoch könnten sie bei Bedarf etwa als Dammschüttmaterial verwendet werden und so die Vorkommen der weit wertvolleren Talkiese entlasten.

Hochterrassen

Iller- und Rothtal

(HERMANN WEINIG)

Steinbacher Hochterrasse: Nordöstlich Legau sind zwischen dem dortigen Niederterrassenfeld (Lautrachrinne) und dem tief eingeschnittenen Illertal rißzeitliche Schotter weitflächig ausgebildet, die südlich unmittelbar an die Moräne anschließen. Geringere Ausdehnung besitzen die Restflächen westlich der Lautrachrinne bei Lautrach sowie beiderseits des Achtales nordöstlich bzw. nordwestlich von Rotis.

Die Schotter der bis zu 20 m über der Talaue der Lautrachrinne ansteigenden Hochterrasse reichen noch einige Meter unter deren Talboden. Unter Berücksichti-

gung von 2–3 Meter (?) lehmiger Deckschichten sind demnach Schottermächtigkeiten bis zu 20 m und darüber abzuleiten. Infolge des tiefliegenden Grundwasserstandes in der Legauer Niederterrasse sind die Hochterrassenschotter vollkommen trocken.

Die Abbauwürdigkeit der bisher kaum erschlossenen Hochterrasse ist von den noch zu erkundenden Abraumverhältnissen, Feinkornanteilen bzw. Verwitterungsgrad und evtl. Verfestigung der erfahrungsgemäß unsortierten, durch einen hohen Anteil an Grobkiesen und Steinen geprägten Schotter abhängig.

Hochterrasse zwischen Iller und Memminger Achtal (Hitzenhofener Feld): Das Hitzenhofener Feld zwischen Memminger Achtal und Iller stellt die durch das Illertal getrennte nördliche Fortsetzung der Steinbacher Hochterrasse dar und liegt wie diese noch in Moränennähe. Abgesehen von einer durch die Buxach abgetrennten, bereits weitgehend überbauten Terrassenleiste im Osten ist das Hitzenhofener Feld noch wenig zertalt. Der Tertiärsockel streicht im Westen gegen das Illertal sowie im unteren Buxachtal aus, weshalb die Schotter trocken liegen und nur im Gebiet beiderseits des Buxachtales bzw. südlich Memmingen teilweise von Grundwasser erfüllt sind.

Die Schottermächtigkeiten des Hitzenhofener Feldes betragen im Süden noch rund 20 m und nehmen gegen Memmingen auf 15–20 m ab. Die nahezu tischebene Terrassenoberfläche deutet auf ziemlich einheitliche Deckschichtenmächtigkeit (durchschnittlich 2–3 m) hin.

Die derzeit nicht erschlossene Hochterrasse dürfte infolge ihrer Moränennähe noch weitgehend aus sandigen bis schwach sandigen Kiesen mit hohem Grobkies- und einem gewissen Steinanteil bestehen, wobei auch Schluffgehalte erfahrungsgemäß zumindest lagenweise auftreten. Der Geröllbestand setzt sich neben den üblicherweise vorherrschenden Sedimenten der Kalkalpen aus einem nicht zu übersehenden Kristallinanteil (im Westen 15%, im Osten bis 6%) zusammen.

Die bisher nicht in größerem Umfang genutzte Hochterrasse des Hitzenhofener Feldes wird so lange weiter ungenutzt bleiben, als die jüngeren Schotter des Memminger Trockentales sowie des südlich anschließenden Moränengebietes in ausreichendem Maße – ebenfalls trocken – zur Verfügung stehen.

Hochterrasse des Rothtales: Das Hitzenhofener Feld findet nördlich Memmingen seine Fortsetzung im Rothtal. Größere Ausdehnung erreicht die Hochterrasse östlich Heimertingen sowie im unteren Rothtal zwischen Weißenhorn und dem zum Donautal abbrechenden Terrassenrand bei Unterfahlheim. Dagegen sind die Terrassenleisten bei Osterberg und südlich Weißenhorn weitgehend erodiert und nur noch in Resten erhalten.

Die Mächtigkeiten der Hochterrassen betragen bei Steinheim 12 m, nehmen bis Boos auf 10 m ab und behalten diese durchschnittliche Mächtigkeit auch im unteren Rothtal bei. Die Terrassenoberflächen südlich Boos und nördlich Weißenhorn liegen 10 bzw. 8 m über der grundwassererfüllten Rothtalaue. Da die Schotterbasis in keinem Fall über der Talaue ausstreicht, liegen in der Nähe des Terrassenrandes etwa 8 m mächtige Trockenkiese vor. Die Bedeckung der Schotter mit Lößlehm beträgt durchschnittlich 1–3 m, kann in der Nähe des Tertiärhangan-

stieges aber auch zunehmen. Die Schotter, sandige Kiese aller Fraktionen, enthalten bis auf wenige Geröllanteile frisches, gut ausgelesenes Material. Neben hauptsächlich karbonatischen Sedimenten enthalten sie auch bis zu 5% Kristallingerölle.

Bisher wurde die Hochterrasse vor allem im unteren Rothtal in einigen Gruben genutzt, wobei eine künftige Fortsetzung des Abbaus an manchen Stellen möglich ist. Allerdings zwingt der geringmächtige Grundwasserkörper zu einer Beschränkung auf den Trockenabbau, der hier in gewissem Umfang als Alternative zu den Naßabbauen des Donau- und Illertales anzusehen ist. Da zugleich mit dem leichten Anstieg des Grundwassers gegen Osten auch eine Mächtigkeitszunahme der Deckschichten in Betracht zu ziehen ist, dürfte ein lohnender Trockenabbau im wesentlichen auf die Westhälfte der Terrasse beschränkt bleiben.

Günz- und Kammlachtal

(HERMANN WEINIG)

Abgesehen von einem aus praktischer Sicht unbedeutenden Terrassenrest nördlich Grönenbach, beginnt die Hochterrasse des Günztales östlich des Memminger Achtales mit dem sogenannten Hawanger Feld, das sich östlich Memmingen zwischen Bahnhof Woringen im Süden und Holzgünz im Norden erstreckt. Es setzt sich in das Tal der heutigen Günz hinein fort und begleitet dieses als 2–4 km breite Terrasse bis zur Donau.

Der Tertiärsockel des 25 m über das Memminger Achtal ansteigenden Hawanger Feldes wie auch der Günztalhochterrasse liegt durchweg einige Meter über der Talaue. Auch die mehrfach in den Terrassenrand einschneidenden Tälchen verlaufen zumindest in ihrem Unterlauf bereits im Tertiär. Die Hochterrasse des Hawanger Feldes und des Günztales ist daher randlich weitgehend entwässert. Allerdings treten an ihrer Basis immer wieder Quellen aus, die aus den weiten Terrassenfeldern gespeist werden. In den zentralen Bereichen der Hochterrasse bildet sich ein schätzungsweise bis zu 2 m mächtiger Grundwasserkörper aus.

Die Mächtigkeiten der Hochterrasse betragen im südlichen Hawanger Feld 15–17 m, nehmen nach Norden bis zum Günztal auf etwa 8–12 m ab, betragen nördlich Babenhausen noch 6–7 m, in Donaunähe dagegen nur noch 4–5 m. Die Mächtigkeiten der Deckschichten liegen bei 2–4 m und steigen örtlich, besonders in hangnahen Bereichen, auch erheblich darüber an.

Im noch moränennahen Hawanger Feld sind die Schotter lagenweise sortiert, enthalten insgesamt Fein-, Mittel- und Grobkiese zu etwa gleichen Anteilen, sind wechselnd sandig ausgebildet und nur wenig durch Schluffanteile verunreinigt. Im Verlauf des Günztales tritt eine allgemeine Kornverfeinerung zu sandigen Kiesen mit überwiegender Mittelfraktion ein.

Die Schotter enthalten nur einen sehr geringen Kristallinanteil, führen allerdings relativ viele Dolomite (mehrere Prozent), die in den oberen Metern aschig bis mürbe, unten zumindest angewittert sind.

Gewinnung und Verwendung: Die Hochterrasse zwischen Memmingen und Günzburg wurde bisher in größerem Umfang lediglich am Westrand des Hawanger Feldes zwischen Benningen und Bahnhof Woringen abgebaut. Dort lohnen hohe Kiesmächtigkeiten die Beseitigung des Abraumes. Zudem liegt das Verbrauchszentrum Memmingen nahe. In diesem Sinne wäre auch eine weitere Inanspruchnahme der Hochterrasse des Günztales einschließlich etwa des Terrassenfeldes zwischen Babenhausen und Seifertshofen denkbar. Weiter im Norden stehen die abnehmenden Schottermächtigkeiten zum Abraum in einem weniger günstigen Verhältnis, zumal der Schotter hier neben intensiver Verbraunung und Verlehmung der obersten Kieslagen über das gesamte Profil von der Verwitterung erfaßt ist, was zur Beeinträchtigung etwa des Dolomitanteils führt. Aus der geringen Mächtigkeit ergäbe sich ebenso eine große Flächenbeanspruchung. Aus diesen Gründen dürfte die Hochterrasse etwa zwischen Tafertshofen und Günzburg nur bedingt und im besonderen Fall zur großzügigen Gewinnung von Kiesen geeignet sein, da die benachbarten Kiesvorkommen der Talböden von Donau, Günz und Mindel leichter gewinnbares bzw. aufzubereitendes Material enthalten.

Das Kammlachtal wird auf nahezu ganzer Länge von einer Hochterrasse begleitet, die jedoch nur zwischen Mussenhausen und Loppenhausen größere Breitenausdehnung (1–3 km) annimmt, sonst meist nur als schmale Terrassenleiste erhalten ist.

Die etwa 8–10 m mächtigen Schotter, die mit denen des Günztales zu vergleichen sind, tragen eine Lößlehmauflage von durchschnittlich 2 m Mächtigkeit. Da die Terrassenoberfläche den Talboden der Kammlach (bzw. der Westernach) nur um 5–7 m überragt, ist etwa die Hälfte der Schotter von Grundwasser erfüllt. Ein Abbau der Schotter ist daher mit der Schaffung von Baggerseen verbunden. Bei einer Beschränkung auf Trockenabbau besteht ein wirtschaftlich kaum tragbares Verhältnis zwischen Abraum und gewinnbarem Schotter. Aus diesem Grund war und ist die Hochterrasse des Kammlachtales für eine Kiesgewinnung größeren Umfangs nicht geeignet.

Stand 2000

Wertach-Lechgebiet

(Hermann Weinig)

Hochterrasse südlich von Bad Wörishofen: Die zwischen Bad Wörishofen und Irsee verbreitete Hochterrasse stellt keine geschlossene Fläche mehr dar, sondern ist bereits vielfältig gegliedert. Die den Talboden des Wörthbaches nur wenige Meter, die Wertachtalsohle dagegen 15–20 m überragende Hochterrasse liegt nur teilweise trocken. Insofern könnte nur der oberste und damit der qualitätsmäßig weniger wertvolle Teil der insgesamt etwa bis 25 (?) m mächtigen Schotter unter wechselnd mächtigen Deckschichten trocken gewonnen werden. Wohl aus diesem Grund, aber auch wegen der infolge des Reliefs unübersichtlichen geologischen Verhältnisse wurden die Schotter bisher kaum abgebaut und können mit den benachbarten jungquartären Talschottern nicht verglichen werden. Sie scheiden daher als Alternative zur Kiesgewinnung aus der Flossach- und Wertachniederterrasse vorerst aus.

Die Hochterrassen zwischen Denklingen und Gennachtal: Die sich westlich Denklingen bis zur Gennach erstreckenden rißeiszeitlichen Schotter sind in mehrere scharf geschnittene, NO-verlaufende Riedelrücken zerlegt, wobei die Tälchen bereits in die tertiäre Schotterbasis einschneiden. Obwohl hier an der Wurzelzone der rißeiszeitlichen Schotterflur trocken liegende Schotter von 25–30 m zu erwarten sind, wurden sie bisher nicht durch nennenswerten Abbau in Angriff genommen. Deckschichten, Verwitterung und schluffige Bestandteile wie möglicherweise Verfestigung zu Nagelfluh lassen den Schotter an praktischer Bedeutung hinter die Vorkommen der jungen Talfüllung des Lech zurücktreten.

Augsburger Hochterrasse: Zwischen den Tälern von Gemnach und Singold löst sich südlich von Waal die Augsburger Hochterrasse aus dem Moränengebiet. Sie setzt sich im weiteren Verlauf als trennender, 2–5 km breiter Terrassenrücken zwischen den Talebenen von Wertach und Lech, unterbrochen nur durch das Tal der Singold, bis in das Stadtgebiet von Augsburg fort.

Ihre Mächtigkeit nimmt mit zunehmender Entfernung von der Moräne ab. So liegen im Raum Buchloe-Waal bereits durchschnittliche Mächtigkeiten zwischen 10 und 15 m vor, die bis Augsburg nur noch geringfügig, auf 9–13 m, abnehmen. Allerdings ist ein stärkeres Rinnenrelief der Tertiäroberfläche, besonders im Süden, zu vermuten, so daß Abweichungen zu höheren Mächtigkeiten nicht auszuschließen sind. Während die Hochterrasse südlich der Singold von zahlreichen Tälchen und Senken, die bis in den Schotterkörper eingreifen, zergliedert ist, sind die Schotter zwischen Singold und Augsburg als ziemlich geschlossener Terrassenkörper in ihrer ursprünglichen Mächtigkeit erhalten.

Die Schotter der Augsburger Hochterrasse liegen zur guten Hälfte, also zu etwa 7–10 m trocken. Bis auf wenige Stellen im Süden befindet sich jedoch ihr Tertiärsockel unter dem Niveau der begleitenden Talauen von Wertach und Lech, weshalb sich deren Grundwasserkörper in die unteren Lagen der Hochterrassen hinein fortsetzt. Die Hochterrasse wird von einer sanft gewellten Lößlehmdecke überzogen, die zwar maximal bis zu 5 m mächtig werden kann, an vielen Stellen jedoch nur 1–2 m mißt.

Ausbildung und Eigenschaften: Die im Süden wohl noch etwas schluffigen, wenig sortierten Schotter sind im Norden gut erschlossen: Es handelt sich um schwach sandige, etwas schluffige Fein-, Mittel- und Grobkiese. Feinsand- und Schluffgehalt wechseln lagenweise.

Unterhalb der Verwitterungsrinde, die 0,5–1 m nicht übersteigt, finden sich durchweg frische, harte Kiese überwiegend kalkalpiner Herkunft, die denen der Lechtalfüllung an Materialqualität nicht nachstehen.

Langweider Hochterrasse: Diese Terrasse trennt die Talauen von Schmutter und Lech als ziemlich geschlossener, lediglich an seiner Westseite etwas zertalter, durchschnittlich 3 km breiter Schotterkörper, der nördlich des bebauten Stadtgebietes von Augsburg 11 km in der Länge mißt.

Die Mächtigkeiten der Langweider Hochterrasse betragen am Westrand durchschnittlich etwas über 10 m. Da die Tertiäroberfläche dort einige Meter über

der Schmuttertalaue zutage tritt, liegen die Schotter hier wie auch am Nordende der Terrasse nahezu ganz trocken. Gegen den Ostrand sinkt dagegen die tertiäre Basis wenige Meter unter die Lechtalsohle ab. Über etwa 2–4 m grundwassererfüllten Schottern folgen nochmals gut 10 m trockene Kiese und Sande. Gegenüber der Augsburger Hochterrasse treten hier im allgemeinen nur geringmächtige lehmige Deckschichten von 1–2 m Mächtigkeit auf.

Ausbildung und Eigenschaften: Im Wechsel verschieden zusammengesetzter Lagen sind reine Sande wie auch sandarme Grobschotter vertreten. Im Mittel besteht die Hochterrasse aus fein- bis mittelsandigen Kiesen, unter denen die Grobkomponenten noch deutlich vertreten sind.

Am Ostrand der Langweider Hochterrasse werden die unteren Meter des Schotterpakets durch Ablagerungen der Schmutter geprägt, die sich hier mit den Lechschottern mischen: Feine Quarzkiese und hoher Feinsandanteil durchsetzen gröberes kalkalpines Material.

Rainer Hochterrasse: Zwischen Gut Hemerten (südl. Münster), Rain und Burgheim erstreckt sich das weite, über 10 km lange, bis zu 4 km breite Dreieck der hauptsächlich durch den Lech aufgeschotterten Rainer Hochterrasse. Bei Staudheim wird die Terrasse durch das Tal der Kleinen Paar zerschnitten. Ihre Oberfläche erhebt sich mit überall scharf ausgebildeten Terrassenkanten etwa 10 m über die Talböden von Lech und Donau. Die tertiäre Schotterbasis liegt 2–5 m unter dem Niveau der jungen Talböden. Daraus ergeben sich Schottermächtigkeiten von 10–15 m. Die höchsten Mächtigkeiten finden sich in den zentralen Teilen der Terrasse auf einer Linie, die etwa zwischen Münster und Mittelstetten verläuft. Da die Hochterrasse nach mehreren Seiten, zu den Tälern von Donau, Lech und Kleiner Paar abfällt, ist sie fast überall nur knapp zur Hälfte von Grundwasser erfüllt. 8–10 m ihres Schotterprofils liegen randlich trocken. Die Rainer Hochterrasse ist von technisch nicht verwertbaren, tonig-schluffigen, z.T. geröllführenden Sanden überdeckt, über denen nur geringmächtig ausgebildeter Lößlehm liegt. Die Gesamtmächtigkeit der Deckschichten dürfte Schwankungen von 1–3 m unterworfen sein.

Ausbildung und Eigenschaften: Die Rainer Hochterrasse ist zum größten Teil aus kalkalpinem Material, sandigen Mittel- bis Grobkiesen, aufgebaut. Der Karbonatanteil liegt zwischen 80 und 90%, wovon durchschnittlich ein Viertel auf Dolomite entfällt. Den Rest bilden Härtlinge wie z.B. Quarze, Radiolarite und Sandsteine. Diese Schotter verzahnen sich am Ostrand mit periglazialen Schottern, im wesentlichen umgelagertem Molassematerial, das insgesamt feiner im Korn, sandiger und vorwiegend aus Quarzen und Quarziten besteht. Weiter westlich kann es zur Überlagerung der alpinen Schotterfazies mit Periglazialschotter kommen. Auch Mischfazies tritt auf.

Die Rainer Hochterrasse führt also zumindest in ihren zentralen und westlichen bzw. nördlichen Bereichen frisches, unverwittertes Schottermaterial sehr guter Korngrößenabstufung unter relativ geringmächtiger Bedeckung. Die Kiese und Sande dieses Terrassendreiecks sind demnach als Rohstoffvorkommen anzusehen, das an Qualität und Umfang mit den umgebenden jungquartären Talschottern vergleichbar ist.

Gewinnung und Verwendung der Hochterrassenschotter von Augsburg, Langweid und Rain: Die Terrassenschotter werden an manchen Stellen durch große Gruben genutzt, und zwar die Augsburger Hochterrasse zwischen Großaitingen und Bobingen wie auch östlich dieser Ortschaft, die Langweider Hochterrasse östlich Täfertingen, sehr intensiv zwischen Gablingen und Gersthofen, die Rainer Hochterrasse vor allem an ihrem Nordrand zwischen Rain und Burgheim und südlich Oberpeiching. Die Schotter können in jeder Hinsicht die benachbarten Lechschotter ersetzen. Die Möglichkeit, trockene Kiese ohne Landverlust durch Zurückverlegen der Hochterrassenstufe zu gewinnen, sollte künftig noch stärker als bisher beachtet werden, da hier eine weiträumige, vollständige Nutzung der Schotter, ohne Kammerung der Terrassenfläche möglich ist. Hierzu bieten sich vor allem der Ostrand der Augsburger Hochterrasse, der Westrand der Langweider Hochterrasse, sowie weite Teile der gesamten Umrandung der Rainer Hochterrasse an. Im Bereich der Augsburger Hochterrasse muß dabei allerdings mit hohen Lößmächtigkeiten gerechnet werden. Grundsätzlich wenig erkundet ist das Gebiet der Augsburger Hochterrasse zwischen der Singold und dem Moränengebiet. Gerade dort sind höhere Schottermächtigkeiten zu vermuten.

Inn-Salzach-Platte

(Ulrich Lagally)

Weite Flächen zwischen Kraiburg, Tüßling, Burghausen und Garching an der Alz sind von rißeiszeitlichen Schottern aufgebaut. Sie bilden die größte Hochterrassenfläche Bayerns und sind von einer meist ca. 3 m mächtigen Schicht aus Lößlehm bedeckt. Die Terrassenschotter sind fast ausschließlich an Talrändern aufgeschlossen, wo die Überlagerung größtenteils erodiert ist. Die Terrassenoberfläche ist überwiegend durch nach Nordosten verlaufende Täler gegliedert. Die Mächtigkeit der Schotterlagen beträgt im Süden nahe der Rißendmoränen bis zu 40 m und nimmt nach Norden kontinuierlich auf ca. 15 m bis 20 m ab. Grundwasser wird an den Talrändern, wo Abbaustellen aufgrund der geringeren Abraummächtigkeiten bevorzugt angesiedelt sind, meist erst unterhalb der Talsohle angetroffen. Auch innerhalb der Schotterkörper nehmen die Flurabstände nicht wesentlich ab.

Ausbildung und Eigenschaften: Bei den Hochterrassenschottern handelt es sich um schwach sandige Fein- bis Grobkiese; mitunter tritt der Grobkies- und Steinanteil deutlich in den Vordergrund. Sie sind schichtig aufgebaut und führen bereichsweise sandige Einschaltungen und Linsen. Nagelfluhartige Verfestigungen finden sich lagen- oder auch nesterweise vor allem an den Talrändern; sie nehmen von den Terrassenkanten in die Schotterkörper schnell ab. Die Kiese haben eine bunte Zusammensetzung, wobei ein deutlicher Kristallinanteil auffällt. Die Gerölle sind meist abgerollt und gut erhalten; Dolomite und bestimmte Kristallinkomponenten sind durch Verwitterungseinflüsse jedoch häufig mürb und zerfallen leicht zu Grus und Sand. Darunter kann die Qualität des Materials leiden.

Gewinnung und Verwendung: Die Hochterrassenschotter, die ihre größte zusammenhängende Verbreitung zwischen Inn und Alz erreichen, bergen große Vorräte an Sand und Kies, die überwiegend im Trockenabbau gewonnen werden können. Negative Faktoren wie Verfestigungen und Überdeckung, die mancherorts die Bauwürdigkeit in Frage stellen können, werden durch generell große Mächtigkeiten und meist möglichen Trockenabbau ausgeglichen. In der Qualität und damit dem Verwendungsbereich stehen sie den jungpleistozänen Vorstoß- und Niederterrassenschottern sowie den nacheiszeitlichen Talschottern nur wenig nach, so daß sie als Alternative zu diesen in Frage kommen können.

Bislang existieren im Verbreitungsbereich dieseser Terrassenschotter wenige größere Abbaustellen. Sie liegen bei Burghausen, Kastl, bei Reichhof südlich von Burgkirchen und bei Schmidhub nordwestlich von Garching an der Alz. Dort werden im Trockenabbau ca. 30 m mächtige, lehmüberdeckte Schotter abgegraben und aufbereitet. Verfestigte Schotter (Nagelfluh), die früher gelegentlich als Bausteine Verwendung fanden (Nr. 740), werden heute nicht mehr abgebaut. Die Kiese und Sande werden gebraucht im Hoch-, Tief- und Straßenbau und für Schüttzwecke.

Donautal

(Hermann Weinig)

Hochterrassen am Rande des Donauriedes: Zwischen Sontheim und Tapfheim erstrecken sich nördlich des Donauriedes mehrere durch Talzüge von Donaunebenbächen getrennte Hochterrassenfelder, die sich zusammen mit der Lehmauflage 10–15 m über den Donautalboden erheben. Nördlich Gremheim und bei Blindheim ist der Hochterrasse ein etwa 5 m tieferliegendes Erosionsniveau vorgelagert.

Nach geophysikalischen Sondierungen dürften Schottermächtigkeiten von 5–10 m vorliegen, die durch anscheinend häufige Reliefunterschiede der Quartärbasis auch größeren Schwankungen unterworfen sein können. Die Lehmauflage beträgt im Mittel 2–4 m, wobei durch Hangabschwemmungen die Mächtigkeiten der Deckschicht bis zu 10 m anwachsen können. Zwischen Mörslingen und Wittislingen bildeten sich Niedermoore in Verbindung mit Kalktuffen (vgl. Nr. 006) über dem Schotter. Die Schotter führen erhebliche Mengen Grundwasser, das auf der meist etwas über der Donauaue ausstreichenden tertiären Sohlfläche in Quellform austritt, nach Norden zu aber bald mehrere Meter des Schotters erfüllt, so daß Kiesgewinnung, wenn nicht am Terrassenrand einsetzend, den Grundwasserkörper anschneiden würde.

Die sehr schlecht erschlossenen Hochterrassenschotter bestehen aus sandigen Kiesen der Fein-, Mittel-, untergeordnet der Grobfraktion.

Kalkalpine Gerölle mischen sich mit kristallinen und anderen Bestandteilen der Alpen und einem Anteil dünnplattiger bis kantengerundeter heller Weißjurakalke von ca. 30%, so daß sich insgesamt ein sehr buntes Geröllspektrum ergibt. Die Kiese sind weitgehend schlufffrei, lediglich in der Nähe der Talflanken zur Alb scheint

auch Verunreinigung durch Feinbestandteile aufzutreten. Rein jurassische Schotterfazies liegt vor allem im Schüttungsgebiet von Zuflüssen aus dem Jurabereich dem bunten Mischschotter auf.

Die Hochterrasse ist bisher nur bei Schabringen durch Kiesabbau geringen Umfangs erschlossen: Über durchschnittlich 8 m bunter Donaufazies folgen 2 m reiner Weißjuragerölle. Das Material wird hauptsächlich im Straßenbau verwendet.

Die Nähe zu den leichter gewinnbaren jungen Talschottern der Donau ließen die Hochterrasse, über deren Materialqualität erst wenig Anhaltspunkte vorliegen, bisher vom Abbau nahezu unberührt. Als Gegebenheiten, die eine Kiesgewinnung abgesehen von geologischen Fragen erschweren, sind anzuführen: Die weitgehende Bebauung der Terrassenkante, an der Kiesgewinnung zweckmäßigerweise einsetzen müßte, die ertragreichen Ackerböden, vor allem aber auch wasserwirtschaftliche Belange, da die Hochterrasse bereichsweise zur Trinkwassergewinnung genutzt wird und noch ungenutzte Wasserreserven besitzt. Insofern dürfte Kiesgewinnung nennenswerten Umfangs im Bereich der Hochterrasse derzeit nicht in Betracht kommen.

Die Hochterrasse südlich der Donau zwischen Mertingen und Pfaffenhofen stellt ein von Bahn und Bundesstraße durchschnittenes, weitgehend grundwasserfreies, lehmbedecktes Schottervorkommen vermutlich guter Qualität, jedoch geringer Ausdehnung dar.

Aus lagerstättenkundlicher Sicht schien es insgesamt nicht angebracht, die das Donauried begleitenden Hochterrassen als Kiesverbreitungsgebiet von Bedeutung auf der Karte zu kennzeichnen.

Hochterrassen zwischen Kelheim und Bad Abbach: Den Gleithängen des Donautales zwischen Kelheim und Bad Abbach liegen Hochterrassenschotter auf, deren Basis sich meist über dem Niveau der vorgelagerten Niederterrasse befindet. Von den vier Verbreitungsgebieten der Hochterrasse bei Obersaal, Herrensaal, Lengfeld und Poikam besitzen vor allem die Flächen östlich Herrensaal und nördlich Poikam Bedeutung für den Kiesabbau. Dagegen enthalten die Gebiete Obersaal und Lengfeld wegen geringer Flächenausdehnung, teilweiser Überbauung oder höheren Abraummächtigkeiten nurmehr wenig gewinnbare Vorräte.

Die 6–10 m mächtigen Schotter tragen nur in geringem Maße Deckschichten und sind weitgehend grundwasserfrei. Die an plattigen Weißjurakomponenten reichen Schotter wurden bisher vor allem gegenüber von Oberndorf abgebaut. Zwar werden die Hochterrassen des Donauengtales zwischen Kelheim und Bad Abbach zur Deckung des künftigen Baustoffbedarfs nur einen untergeordneten Beitrag leisten. Immerhin könnten aber bei optimaler Nutzung der Hochterrassen dieses Raumes mehrere Mio. m^3 Kies und Sand im Trockenabbau gewonnen werden.

Hochterrasse des Donau- bzw. Isartales zwischen Regensburg und Pleinting: Die Hochterrasse zieht als 1–3 km breite Fläche am Südrand des Donautales von Regensburg nach Straubing, wobei sie – in die Täler von Großer und Kleiner Laaber umlaufend – sich mit deren

Hochterrassenleisten vereinigt. Östlich Straubing verbreitert sich die Donauhochterrasse auf 4 km und verbindet sich mit der Hochterrasse der Unteren Isar, die bei Pilsting einsetzt und zwischen Wallersdorf – Deggendorf – Straßkirchen eine weite, in der Breitenausdehnung etwa 10 km messende Ebene einnimmt. Östlich der Isar ist die Hochterrasse nur noch als schmale, der mindelzeitlichen Terrasse vorgelagerte, stark durch Erosion angegriffene Restfläche erhalten.

Die Hochterrasse bildet mit einer Terrassenkante von etwa 10 m einen markanten Geländeanstieg über die jungeiszeitlichen Talschotter. Dieser Terrassenkante entspricht ein stufenartiger Anstieg der Basis des Talquartärs um einige Meter, wobei der Tertiärausbiß etwa im Niveau der Niederterrassenfläche, teils auch leicht darüber liegt, von Straubing an bis zur Isar jedoch zunehmend unter das Niveau der Talaue absinkt.

Die Schottermächtigkeiten der Hochterrasse scheinen größeren Schwankungen unterworfen. Die Werte bewegen sich zwischen 4 und 10 m, wobei als Durchschnitt 7–9 m anzunehmen sind. Beiderseits der Großen Laaber bei Dengling und Schonach, nördlich Plattling sowie zwischen Osterhofen und Moos ist eine 4–5 m tieferliegende Erosionsterrasse mit entsprechend reduzierten Mächtigkeiten vorgelagert.

Grundwasser erfüllt die Hochterrassen randlich nur an der Basis, in den hangnahen Bereichen erreicht es dagegen Oberflächennähe. Die Lößlehmbedekkung beträgt im Durchschnitt etwa 2 m, sie kann am Terrassenrand nahezu fehlen, dagegen in zentralen Terrassenbereichen bis zu 5 m mächtig werden.

Ausbildung und Eigenschaften: Die Hochterrasse des Donau-Isartalgebietes enthält Geröllanteile verschiedenen Ursprungs, woraus sich unterschiedliche Faziesbereiche ergeben. Den Fluvioglazialschottern der Donau bzw. der Isar, deren Materialbestand ähnlich dem der Niederterrassen zusammengesetzt ist (s. dort), stehen die Periglazialschotter des tertiären Einzugsgebietes gegenüber. Die noch erhaltenen Terrassenteile sind demnach z. T. als Randfazies der ehemals die gesamte Talbreite überspannenden Schotterflur aufzufassen, in der ein horizontaler und vertikaler Wechsel der Schotterfazies besteht.

Die Periglazialkiese bestehen aus sandigen bis stark sandigen umgelagerten Tertiärquarzkiesen hauptsächlich der Fein- und Mittelfraktion. Gröbere Komponenten fehlen fast ganz. Die Schotter können Schluff- und Sandlagen enthalten. Das Donaumaterial ist etwas gröber ausgebildet und weist einen homogeneren Profilaufbau auf. Als Bereiche rein periglazialer Fazies sind die in die Nebentäler umlaufenden Terrassenleisten, ebenso die weite Terrassenfläche südwestlich Niederharthausen anzusehen. Außerhalb des Bereiches der Nebentäler tritt horizontaler und vertikaler Fazieswechsel auf: Im Vertikalprofil nehmen die Donauschotter etwa die gute untere Hälfte ein, dann erfolgt ein Übergang zu überwiegend oder ganz periglazial geprägten Schottern. Eine Durchmischung auch der unteren Lagen mit dem Material der Nebenflüsse ist vor allem in der Nähe der Nebenbäche und talabwärts davon sowie allgemein in der Nähe des südlichen Terrassenrandes anzunehmen.

Einen deutlichen Fazieswechsel der Hochterrassenschotter bringt die Einmündung des Isartales mit sich. Etwa südöstlich der Linie Stetten – Uttenkofen erfolgt

ein Übergang der Donaumischschotter in die durch alpine Karbonate geprägten Grobschotter der Isarhochterrasse, der auch die schmale Schotterleiste östlich der Isar gleichen dürfte.

Die Hochterrassenreste am nördlichen Donautalrand zwischen Wörth und Offenberg sind stark durch Materialzufuhr aus dem Bayerischen Wald geprägt. Die Terrassensedimente sind z.T. stark oder auch überwiegend sandig entwickelt.

Die Qualität des Hochterrassenmaterials ist im Einflußbereich der Isar als sehr gut und mit der Isarniederterrasse vergleichbar, im Bereich von Donau- und Periglazialfazies bzw. Mischfazies wegen mangelnden Grobkorns als gut bis mäßig zu bezeichnen.

Gewinnung und Verwendung: Das Material der Donauhochterrasse wird bisher in größerem Umfang vor allem im Raum zwischen dem Natternberg und Straßkirchen naß abgebaut. Auch viele aufgelassene Kleinstgruben sind hier verstreut. Im Bereich der Terrassenleisten von Großer und Kleiner Laaber wird in zahlreichen Gruben Kies und Sand zumeist im Trockenabbau gewonnen.

Die Hochterrassen dieses Raumes stellen zumindest in ihren Randbereichen eine Alternative zur Kiesgewinnung aus der Talaue von Donau oder Isarmündungsgebiet dar. Allerdings ist das Nebeneinander zahlreicher kleinerer Gruben zu vermeiden. Gerade hier erlaubt tiefliegendes Grundwasser großzügig angelegte Abbaugebiete in Form von Baggerseen oder das Zurücknehmen von Terrassenkanten auf breiter Front.

Vorstoßschotter

Bereich Obergünzburg

(Ulrich Lagally)

Nördlich der Jungmoränen im Westteil des Wertachgletschers sind im Raum Obergünzburg große Gebiete mit mittel- und altpleistozänen Ablagerungen bedeckt. Das Tal der östlichen Günz ist tief in diese Abfolge, meist auch in deren tertiären Sockel (Obere Süßwassermolasse) eingeschnitten und trennt sie in einen westlichen Bereich, der bis zur westlichen Günz verläuft, und einen fast bis zur Wertach reichenden Ostteil. Zwischen den Würmmoränen und Ronsberg stehen lehmüberdeckte Rißmoränen an, die eine mindestens 35 m mächtige Abfolge von Vorstoßschottern unsicherer Altersstellung (Riß oder Mindel) überlagern, welche nur an Talrändern aufgeschlossen ist. Nördlich schließen sich mindeleiszeitliche Moränen und stellenweise ältestpleistozäne Schotterkörper an.

Die Vorstoßschotter bestehen aus mittelsandigem Grobschotter (Fein- bis Grobkies), der lokal sandige Lagen führt. Er ist überwiegend schichtig aufgebaut, zeigt aber bereichsweise Stauchungen, die durch überlagerndes Gletschereis verursacht sind. Die Gerölle, meist gut gerundet, stammen vorwiegend aus dem kalkalpinen Raum; kristalline Komponenten fehlen nahezu völlig. Im allgemeinen ist das Material frisch, nur untergeordnet finden sich zersetzte oder

mürbe Gerölle. Besonders an den Talflanken, wo Grundwasser austritt, sind die Schotter bereichsweise zu Nagelfluh verfestigt, wobei Rand- und Hangendbereiche offenbar bevorzugt sind.

Obwohl diese Schotter große Flächen zwischen westlicher Günz und Wertach einnehmen, sind sie bisher nur an wenigen Stellen abgegraben worden. Die meist kleinen Gruben dienten nur der örtlichen Versorgung mit Schüttmaterial. Nur bei Obergünzburg werden diese Schotter derzeit an einem Talanschnitt, wo relativ geringe Nagelfluhbildung und Moränenüberdeckung auftritt, in einem größeren Trockenabbau gewonnen. Nach entsprechender Aufbereitung eignen sie sich für nahezu alle Einsatzgebiete der Bauindustrie.

Bereich Landsberg – Mering

(HERMANN WEINIG)

Östlich des Lech breitet sich zwischen Landsberg – Mering – Geltendorf ein weites, nur flach gewelltes Altmoränengebiet aus. Es fällt zum Lechtal mit einer über 20 m hohen Steilstufe ab und ist im Inneren durch scharf eingeschnittene Talzüge des Verlorenen Baches, des Loos-Baches und vor allem aber durch die Paar und mehrere ihrer Nebenbäche gegliedert. An den Hängen der Täler streichen über den Talböden rißeiszeitliche Vorstoßschotter aus, die hoch hinaufreichen. Ihre Mächtigkeiten betragen über den Talböden bis zu 20 m. Da die Vorstoßschotter an allen genannten Talhängen umlaufend ausstreichen, ist anzunehmen, daß das „Moränengebiet" zwischen Lech und Paar eine mindestens 20 m mächtige Platte aus Vorstoßschottern darstellt, die nur mit wenigen Metern lehmiger Moräne bedeckt ist, welche in der Nähe der Täler auch ganz abgetragen sein kann. Da die Schotter hoch über die Talböden ansteigen, sind sie durchweg grundwasserfrei.

Die Schotter sind bis auf wenige brüchige Kristallinkomponenten fest und durchweg unverwittert. Lagig oder nesterweise auftretende Nagelfluh findet sich randlich, allerdings in einer den Abbau nicht entscheidend behindernden Mächtigkeit.

Ausbildung und Eigenschaften: Der gut geschichtete Schotter kann gelegentlich von bindig-schluffigen Lagen durchsetzt sein, besteht im allgemeinen aber aus „sauberem" Material: Die Regel sind unsortierte, teils schluffige, sandige Fein-, Mittel-, besonders aber Grobkiese. Neben vorherrschend kalkalpinen Geröllen treten etwa 10% kristalline Anteile auf.

Gewinnung und Verwendung: Die Vorstoßschotter zwischen Paar und Lech wurden bereits an mehreren Stellen, heute vor allem südlich Walleshausen und bei Jedelstetten abgebaut. Sie werden nach ihrer Aufbereitung in allen Bereichen der heutigen Bautechnik (Hoch-, Tief-, Straßenunter- und -oberbau usw.) verwendet.

Die Schotter dieses Raumes stellen ein ausgedehntes Rohstoffpotential dar, das bislang verhältnismäßig wenig Beachtung fand. Ausdehnung, Mächtigkeit, möglicher Trockenabbau sowie seine Lage zum Verbrauchszentrum Augsburg, das noch innerhalb einer vertretbaren Transportentfernung liegt, können das „Altmoränengebiet" künftig als Alternative zur Kiesgewinnung aus dem benachbarten Lechtal hervortreten lassen.

Bereich zwischen Inn und Salzach

(ULRICH LAGALLY)

Nördlich an den Jungmoränenbereich des Inn-Chiemsee- und Salzachgletschers schließt ein Streifen rißeiszeitlicher, östlich der Alz auch noch mindeleiszeitlicher, lehmüberdeckter Moränen an, denen nördlich der Linie Jettenbach – Eiting – Garching – Burghausen Hochterrassenschotter vorgelagert sind. Die Moränen überlagern vermutlich großflächig riß- und mindeleiszeitliche Vorstoßschotter bzw. Deckenschotter. Da diese außer an Talrändern nur sehr selten aufgeschlossen, sonst aber durch Moränenmaterial und Lehm überdeckt sind und ihre Verbreitung damit nicht sicher angegeben werden kann, sind sie auf der Karte nicht dargestellt.

Relativ schluffarme Schotterabfolgen älterer Eiszeiten dürften jedoch große Teile des Gebietes einnehmen, wie sich aus Aufschlußbeobachtungen und vor allem aus Bohrungen ergibt. Die Mächtigkeiten der Mindelschotter liegen bei 30 m bis 50 m, die der Rißschotter zwischen 20 m und 60 m. Die Flurabstände des Grundwassers betragen in den Altmoränengebieten 30 m bis vereinzelt 50 m.

Die Schotter liegen vorwiegend als gut gerundete, schräg- oder horizontal geschichtete Fein- bis Grobkiese mit deutlichem Sandgehalt vor. Nagelfluhartige Verfestigungen finden sich allgemein besonders ausgeprägt an Talrändern, sind aber auch, vor allem in Mindelschottern, in Bohrungen innerhalb der Schotterkörper angetroffen worden. Das Material ist teils frisch, zeigt jedoch bevorzugt in den älteren Ablagerungen Partien, die besonders lange der Verwitterung ausgesetzt waren.

Außer in kleinen Gruben, die den privaten Bedarf an Schüttmaterial decken, stehen die älteren Glazialschotter derzeit nicht in Abbau. Früher wurden verfestigte Partien häufig als Bausteine gebrochen und fanden vor allem zwischen Alz und Salzach als Fundament- und Mauerstein Verwendung (Nr. 740). Künftig könnten Bereiche, die geringe Abraummächtigkeiten (Moräne, Lehm) und tiefliegende Grundwasserspiegel aufweisen und die entfernt von den Talrändern liegen, für eine Kiesgewinnung an Bedeutung zunehmen.

Jungpleistozäne Kiese und Sande, teils von Moräne bedeckt (822) (Vorstoßschotter)

(ULRICH LAGALLY)

Während der Würmvereisung wurden – wie auch bereits in älteren Eiszeiten – wiederholt im Vorfeld der heranrückenden Gletscher z.T. sehr mächtige Schotterkomplexe abgelagert. Dabei kam es stellenweise auch zur Stapelung verschiedener Schüttungen, die altersmäßig schwer zu trennen sind. Die Ablagerungen wurden beim nachfolgenden Gletschervorstoß vom Eis überfahren, dabei zum Teil erodiert und mit glazigenem Lockermaterial, vorwiegend Grundmoräne, verschüttet. Diese meist der Oberflächenerosion entzogenen Sande und Kiese werden als Vorstoßschotter bezeichnet.

Die Aufschotterung erfolgt in den Haupt- und Nebentälern der Gletscherabflüsse. Die nachfolgende Überdeckung der meist randvoll gefüllten Täler mit

Moräne plombierte die Schotterkörper so gut, daß nach dem Rückzug des Eises die Schmelzwässer gezwungen waren, neue Abflußrinnen anzulegen. So blieben viele Talfüllungen mit hohen Kiesmächtigkeiten unter Moränen erhalten.

Die würmeiszeitlichen Vorstoßschotter stellen die am weitesten verbreiteten und qualitativ besten früh- bis hochglazialen Schottervorkommen dar. Sie sind außer auf präwürmzeitlichen Glazialsedimenten und auf Schichten der Molasse, des Helvetikum oder des Flysch auch auf Moränen älterer, würmeiszeitlicher Vorrückungsphasen abgelagert. Die nördlichsten Vorkommen liegen unter den äußeren Endmoränen; sie sind oft genetisch identisch mit Teilen der außerhalb des Vereisungsbereiches aufgeschütteten Niederterrassen. Vorstoßschotter älterer Vereisungen sind nördlich der Würmendmoränen verbreitet, wobei aber nur die rißeiszeitlichen Bildungen größere Bereiche einnehmen und damit von wirtschaftlicher Bedeutung sind (Nr. 821).

Im Bereich der jungpleistozänen Vorlandgletscher sind bislang einige größere Vorstoßschottervorkommen bekannt und in Abbau, die neben den Niederterrassen in qualitativer wie quantitativer Hinsicht zu den bedeutendsten quartären Kiesvorkommen Südbayerns zählen. Zu erwähnen sind vor allem die Lagerstätten von Maria Thann, Martinszell, Waltenhofen und Dietmannsried im westlichen Allgäu, der Kaufbeurer Schotter, Murnauer Schotter, Vorstoßschotter vom Schloßberg bei Rosenheim und der Laufenschotter. Die stellenweise zu Nagelfluh verfestigten und gestauchten Abfolgen werden nicht selten über 30 m mächtig und bilden sehr hohe, standfeste Abbauwände. Sie sind ausgezeichnete Grundwasserleiter; jedoch wird das tiefliegende Grundwasser nur manchmal in großen Gewinnungsstellen freigelegt.

Im folgenden werden die derzeit bekanntesten, in Abbau stehenden Vorkommen würmeiszeitlicher Vorstoßschotter beschrieben:

Einzugsgebiet des Rhein

Das einzige größere Vorkommen jungpleistozäner Vorstoßschotter auf bayerischem Gebiet im Bereich des ehemaligen Rheingletschers liegt ca. 1 km nördlich von Maria Thann. Es hat eine bekannte Ausdehnung von ca. 1 x 1 km und nimmt eine Hügelkuppe ein. Wahrscheinlich setzt es sich nach Norden und Nordwesten noch weiter fort.

In Abbau stehen ca. 15 m einer z.T. lagig ausgebildeten Abfolge unsortierter, mittelsandiger Fein- bis Grobschotter mit dünnen Sandlagen. Daneben finden sich auch schluffig-lehmige Einschaltungen. Deltaschüttung und Stauchungen sandiger Lagen sind zu beobachten. Das Material ist überwiegend kalkalpiner Herkunft, gut abgerollt und frisch. In geringerem Maße treten Kristallingerölle auf, die mitunter verwittert und mürbe sind. Überlagert wird die Schotterserie von einer 1 m bis 1,5 m mächtigen, lehmig-steinigen Verwitterungsschicht, die Moränenmaterial repräsentieren dürfte.

Die Schotter werden im Trockenabbau gewonnen und teils in der Umgebung zum Straßenbau verwendet, teils zur Weiterverarbeitung in den Raum Röthenbach transportiert.

Einzugsgebiet der Iller

Bedeutende Vorkommen von Vorstoßschottern sind im Illertal erst nördlich von Immenstadt bekannt. Sie liegen bei Herzmans im Martinszeller-Waltenhofener Rücken, einer ca. 6 km langen, drumlinisierten Hügelkette zwischen der Iller und dem Niedersonthofener See. Kleinere in Abbau stehende Vorkommen finden sich nördlich von Altstätten, bei Vorderhindelang und bei Freidorf.

Die Vorstoßschotter bei Herzmans liegen auf rißeiszeitlichem Moränenschotter und Grundmoräne und erreichen eine Mächtigkeit von ca. 4 m. Sie werden überlagert von einer 2–3 m mächtigen Würm-Grundmoräne. Der Rißmoränenschotter, der sich wiederum auf (Riß-)Vorstoßschottern befindet, ist zu Nagelfluh verfestigt und wird bis 2 m stark.

Das Material der Vorstoßschotter ist großenteils locker, aber sehr dicht gelagert. Es ist nur wenig sortiert und weist einen hohen sandig-schluffigen Feinanteil auf. In die im allgemeinen fein- bis grobkiesigen Schotter sind sandige Lagen eingeschaltet. Die gesamte Abfolge weist eine nach Norden gerichtete Schrägschichtung auf. Die Gerölle, die zu ca. 70% aus dem Kalkalpin sowie aus der Flyschzone (20%), der Helvetikum- und der Molassezone stammen, sind abgerollt bis kantengerundet und frisch. Manche der wenigen Kristallinkomponenten sind durch Verwitterungseinflüsse mürbe.

Der Vorstoßschotter wird im Trockenabbau bis zum Grundwasserspiegel abgegraben, wobei die dichte Lagerung der Gerölle und gelegentlich nagelfluhartige Verfestigungen steile Abbauwände zulassen. Verwendung findet er als Baumaterial, beim Straßenbau, zur Herstellung von Transportbeton etc.

Das zusammenhängendste Gebiet würmeiszeitlicher Vorstoßschotter im Illertal liegt nördlich von Dietmannsried, wo derzeit auf einer Fläche von 2 km Länge und 2 km Breite Abbau umgeht; ca. 2 km nördlich davon – bei Niederholz – ist ein ähnliches Vorkommen aufgeschlossen. Die Mächtigkeit der Kiese beträgt bis zu 18 m, darüber liegen meist 2–3 m Grundmoräne. In diesem Bereich treten zusätzlich noch Schotterablagerungen der Rückzugsphase und Moränen als Kamesbildungen auf, die z.T. erhebliche Ausmaße annehmen und nicht immer ohne weiteres von den Vorstoßschottern abgetrennt werden können.

Im allgemeinen liegen unsortierte, mittelsandige Fein- bis Grobschotter mit Steinen und einem geringen Anteil an Blöcken vor. Zum Teil haben sie hohe Schluffgehalte. Die schichtig aufgebaute Abfolge, in der sich neben unterschiedlichen Kieslagen auch Sandeinschaltungen finden, zeigt teils Schrägschichtung, teils faltungsähnliche Stauchungen. Verfestigungen in den dicht gepackten Kiesen finden sich gelegentlich. Die Gerölle sind eckig bis kantengerundet, daneben auch abgerollt. Sie stammen überwiegend aus dem nordalpinen Bereich, Kristallin tritt selten in Erscheinung.

Die Abbaustellen werden im Trockenabbau betrieben, wobei die Grubenwände gute Standfestigkeit aufweisen. Das Material dient für Schüttzwecke oder wird aufbereitet weiterverarbeitet zu Transportbeton, Bitumenkies u.ä.

Einzugsgebiet der Wertach

Wie im Illertal liegen auch im Wertachgebiet die bedeutenden würmeiszeitlichen Vorstoßschotter im Norden nahe den Endmoränen. Im Bereich Pfronten – Nesselwang finden sich zwar mehrere Abbaustellen in Vorstoßschottern, doch sind diese Vorkommen relativ gering dimensioniert. Erst zwischen Oberthingau und Kaufbeuren sind ergiebigere Vorkommen mit aufgeschlossenen Schottermächtigkeiten von bis zu 25 m in Abbau. Die bekannten Lagerstätten ca. 1,5 km östlich von Oberthingau, am Südrand von Marktoberdorf und knapp südlich von Märzisried haben in etwa gleiche flächenmäßige Ausdehnungen zwischen 10 und 20 ha.

Das größte Gebiet würmeiszeitlicher Vorstoßschotter im Wertachtal liegt östlich von Kaufbeuren, wo die bisher genutzte Abgrabungsfläche eine Länge von 900 m und eine Breite von 600 m einnimmt. Insgesamt dürfte das Vorkommen sich bis nahe Hirschzell nach Süden und ca. 2 km weiter nach Osten ausdehnen. Die Abbautiefen der im Nordteil des Vorkommens befindlichen Gruben liegen bei 30 m, das Grundwasser ist nicht aufgeschlossen. Überlagert sind die Vorstoßschotter mit einer 0,5 m bis 3 m mächtigen Deckschicht, die vorwiegend aus bindiger Grundmoräne besteht.

Dieses regional sehr bedeutende Schottervorkommen ist aus schlecht sortierten, sandigen bis schwach-schluffigen Fein- bis Grobkiesen aufgebaut. Der im allgemeinen zu hohe Schluffanteil wirkt sich negativ auf die Frostsicherheit des Grubenmaterials aus. Die vorwiegend braungrauen Schotter sind horizontal, z.T. auch schräg geschichtet und weisen Einschaltungen von sand- und schluffreichen Partien auf.

Gelegentlich, zur Terrassenkante der Wertach hin verstärkt, treten nagelfluhartige Verfestigungen auf, welche die Gewinnung erschweren. Nach unten zu wird das Material reiner, Sand- und Schluffgehalte nehmen ab. Die Gerölle, die vorwiegend aus dem kalkalpinen Raum, untergeordnet aus Flysch-, Helvetikum- und Molassezone stammen, sind meist kantengerundet bis abgerollt und unverwittert.

Aufgrund der kompakten Lagerung und Verfestigung weisen die Gruben, die im Trockenabbau betrieben werden, standfeste Wände auf. Durch Sprengen werden auch Nagelfluh-Lagen gewonnen und weiterverarbeitet. Außer im Straßen-, Hoch- und Tiefbau findet das aufbereitete Material Verwendung bei der Herstellung von Transportbeton, Betonfertigteilen und Fahrbahnbelägen.

Einzugsgebiet von Lech und Isar

Im Gegensatz zum Iller- und Wertachtal sind im Einzugsbereich des L e c h bislang keine größeren Verbreitungsgebiete würmeiszeitlicher Vorstoßschotter bekannt. Ausnahmen bilden Bereiche beiderseits des Forggensees bei Dietringen und Bayerniederhofen sowie ca. 2 km südlich von Prem, die jedoch noch nicht ausreichend untersucht sind. Sie sind auf der Karte nicht dargestellt. Ein weiteres Vorkommen nordwestlich von Rott am Lech hat nach dem derzeitigen Kenntnisstand nur geringe flächenmäßige Ausdehnung; in zwei dort betriebenen Gruben werden Abbautiefen bis mehr als 20 m erreicht.

Eines der bekanntesten und bedeutendsten Vorkommen würmglazialer Vorstoßschotter Südbayerns liegt zwischen Ammer und Loisach. Dieser sog. Murnauer Schotter erstreckt sich von Schwaiganger an der Loisach über ca. 17 km nach Norden bis nach Etting. Im Durchschnitt ist das Schotterfeld 3 km bis 4 km breit. Bei Murnau und am Nordende des Riegsees ist es durch ostweststreichende Höhenrücken der subalpinen Molasse unterbrochen. Seine größte Mächtigkeit erreicht es bei Spatzenhausen/Murnau mit über 50 m, während in den übrigen Bereichen ca. 30 m mächtige Kiese anstehen. Der Grundwasserflurabstand erhöht sich zwischen Etting und Spatzenhausen von ca. 10 m bis 20 m im Norden auf z.T. über 40 m im Süden. Zwischen Riegsee und Staffelsee liegt das Grundwasser meist mehr als 20 m, an der Loisach ca. 30 m unter Gelände. In der Umgebung der Abbaustellen sind die Schotter mit einer 0,5 m bis 5 m, stellenweise sogar bis zu 10 m dicken Schicht von Grundmoräne überlagert. Diese Moränenauflage kann bereichsweise noch bedeutend mächtiger werden.

Ausbildung und Eigenschaften: Der Murnauer Schotter weist in seiner gesamten Nord-Süd-Erstreckung im allgemeinen nur geringe Unterschiede auf. Es handelt sich um unsortierten, sandigen bis stark sandigen Fein- bis Grobkies mit Steinen; er ist meist schluffarm. In der überwiegend geschichteten Schotterabfolge finden sich sandige Einschaltungen in Form von Lagen und linsigen Körpern, daneben auch Bereiche mit ausgeprägter Schrägschichtung. Die Schotter sind dicht gelagert, in der Regel aber nicht verbacken. Meist nur in Hangnähe bzw. an Talrändern treten nagelfluhartige Verfestigungen auf, die sich zum Inneren hin verlieren. Das Material ist überwiegend gut gerundet und frisch; nur selten sind Kristallin- und Dolomitgerölle durch Verwitterungseinflüsse mürb. Der Anteil an zentralalpinen Komponenten, der in den liegenden Teilen wenige Prozent beträgt, kann in den obersten Partien auf über 20% zunehmen. Der Murnauer Schotter ist von sehr guter Qualität; Fehlkörnungen sind selten.

Gewinnung und Verwendung: Zwischen Murnau und Etting sind ca. 15 Kiesgewinnungsstellen in Betrieb. Sie konzentrieren sich auf den Bereich um den Riegsee, Spatzenhausen, Huglfing, Etting und Eberfing. Südlich der Loisach zwischen Schwaiganger und Großweil wird in einer weiteren großen Grube zeitweise Kies abgegraben. Die Abbaustellen sind im allgemeinen trocken und haben stabile Wände von über 25 m Höhe. Nur im Nordteil des Schotterfeldes ist das Grundwasser stellenweise aufgeschlossen.

Verwendung findet dieser hochwertige Rohstoff vor allem im Hoch- und Tiefbau, im Straßenbau, bei der Herstellung von Transportbeton und Bitumenkies, als Frostschutzkies etc. im Großraum Weilheim – Murnau. Eine Rohstoffverknappung ist langfristig nicht zu erwarten. Da der Murnauer Schotter jedoch ein regional bedeutsames Grundwasservorkommen im Stadium der Erschließung darstellt, scheinen seine südlichen Teile, in denen wegen des höheren Grundwasserflurabstandes größere Kiesmächtigkeiten trocken gewinnbar sind, weniger konfliktträchtig und mehr für den Abbau geeignet zu sein.

Weitere Vorkommen würmglazialer Vorstoßschotter finden sich westlich der Loisach zwischen Erling und Machtlfing, bei Münsing und südöstlich von Schönberg bei Rottenbuch. Sie sind jedoch nach Ausmaß und Untersuchungsstand derzeit nur von untergeordneter Bedeutung.

Im Einzugsbereich der Isar östlich der Loisach sind bisher größere, flächendeckende Vorstoßschotter nicht bekannt. An mehreren Stellen sind kleinere Vorkommen in Abbau, die vorwiegend für den örtlichen Bedarf genutzt werden. Sie liegen bei Ellbach nordöstlich von Bad Tölz, südlich von Dietramszell, bei Thanning und südlich von Königsdorf.

Einzugsgebiet des Inn

Im Bereich des ehemaligen Inn-Chiemseegletschers sind würmeiszeitliche Vorstoßschotter bisher relativ selten entdeckt und erschlossen worden. Neben einer Reihe kleinerer Vorkommen, die südwestlich des Chiemsees bei Prien, Frasdorf und Grainbach, westlich von Siegsdorf bei Holzhausen, westlich von Halfing und nördlich von Attel am Inn liegen, vorwiegend geringe flächenmäßige Ausdehnung haben und daher meist nur den lokalen Bedarf decken, finden sich zwei im Detail noch nicht genau untersuchte Vorkommen, die durch mehrere Abbauunternehmen wirtschaftlich genutzt werden; sie liegen ca. 1 km bis 2 km nordwestlich von Bruckmühl und nordöstlich von Rosenheim am Schloßberg. Die Vorstoßschotter bei Bruckmühl liegen im Moränengebiet nördlich von Bergham und sind an mehreren Stellen durch Abbaubetriebe mit 10 m bis 15 m Grubentiefe aufgeschlossen. Ihre gesamte flächenmäßige Verbreitung und die genaue Mächtigkeit ist noch nicht bekannt. Das Grundwasser steht ca. 12 m bis 15 m unter Gelände. Die Schotter sind überlagert von stark bindiger Grundmoräne, die nahe der Abbaustellen bis zu 5 m mächtig ist.

Im wesentlichen handelt es sich bei den Vorstoßschottern um unsortierte mittelsandige Fein- bis Grobkiese, die z.T. sehr schluffreich sein können. Sie sind vorwiegend schichtig abgelagert, führen stellenweise auch sandige Einschaltungen. Manchmal sind die Kiesabfolgen vom Gletschereis gestaucht. Die Lagerung ist im allgemeinen dicht, Verfestigungen finden sich nur stellenweise. Die Gerölle sind kalk- und zentralalpiner Herkunft und zeigen einen frischen Erhaltungszustand.

Beim Rosenheimer Vorstoßschotter, der in mehreren Gruben am Schloßberg, daneben auch nördlich und nordöstlich von Prutting sowie südwestlich von Haidham abgegraben wird, handelt es sich um ein mit Ausnahme von Teilbereichen schlecht untersuchtes Kiesvorkommen. Es erstreckt sich vom Schloßberg in einer durchschnittlichen Breite von ca. 3 km nach Nordosten bis ca. Siferling und bildet ein flachgewelltes Hügelland. Die Schotter sind bei Kragling über 20 m bis 25 m aufgeschlossen, wobei die untersten Partien im Grundwasserbereich liegen. Im Nordostteil des Vorkommens sind Kiesmächtigkeiten bis über 40 m nachgewiesen, das Grundwasser liegt dort ca. 40 m unter Flur. Die Überdeckung der Vorstoßschotter besteht aus Grundmoräne, die in der Nähe der Gruben 1 m bis 2 m, sonst auch bedeutend mächtiger wird.

Ausbildung und Eigenschaften: Im allgemeinen sind die Vorstoßschotter dem Murnauer Schotter (s.o.) ähnlich. Es herrschen schlecht sortierte, mittelsandige, z.T. sehr schluffige Fein- bis Grobkiese mit Steinen vor. Sie sind lagig abgesetzt und führen stellenweise sandige Einschaltungen in Form dünner Lagen und Linsen. Mitunter sind sie gestaucht und kompaktiert; nagelfluhartige Verfestigungen finden sich bereichsweise vor allem in den tieferen

Partien. Die Gerölle stammen vorwiegend aus dem zentralalpinen Raum, daneben auch aus den Kalkalpen. Sie sind frisch und abgerollt, z. T. auch nur kantengerundet.

Gewinnung und Verwendung: Derzeit sind fünf Abbaustellen im Rosenheimer Vorstoßschotter in Betrieb, wobei die Hauptförderung in den Gruben bei Siferling und Kragling anfällt. Die Abbautiefen betragen im Südwesten ca. 20 m bis 25 m, wobei ein Teil als Naßbaggerung ausgeführt wird. Im Nordosten werden unter der Moränenüberdeckung ca. 8 m bis 10 m Kies im Trockenabbau gewonnen. Verwendung finden die meist aufbereiteten Produkte im Hoch- und Tiefbau sowie im Straßenbau (Frostschutzkies, Bitumenkies).

Einzugsgebiet der Salzach

Im bayerischen Teil des Jungmoränenbereiches des ehemaligen Salzachvorlandgletschers ist das bekannteste und für die Region bedeutendste Kiesvorkommen der Laufenschotter. Dieser würmeiszeitliche Vorstoßschotter zieht sich als ca. 2 km bis 3 km breiter Streifen aus dem Gebiet südlich von Saaldorf nach Norden bis über Osing hinaus. Dort, wo er näher untersucht ist, wurden Kiesmächtigkeiten bis ca. 50 m festgestellt. Das Grundwasser findet sich im Norden ca. 15 m, im Süden mehr als 30 m unter Flur. Die Bedeckung, überwiegend Grundmoräne und Boden, kann sich lokal schnell in Art und Verbreitung ändern.

Ausbildung und Eigenschaften: Der Laufenschotter ist ein unsortierter, fein- bis mittelsandiger Fein- bis Grobkies mit erheblichem Schluffanteil. Bereichsweise kann er sogar sehr schluffreich sein. Er ist meist horizontal geschichtet, zeigt jedoch lagenweise auch Deltaschichtung. Sandige Einschaltungen bilden dünne Lagen und linsenförmige Körper. Teilweise treten nagelfluhartige Verfestigungen auf, die sich vorwiegend an Talrändern finden. Die Gerölle sind meist frisch, selten verwittert und kantengerundet bis abgerollt. Sie stammen zum größten Teil aus Kalkalpen, Flysch- und Molassezone; der Kristallinanteil ist im Vergleich zum Inn-Chiemseegletscher bedeutend geringer.

Gewinnung und Verwendung: Der Laufenschotter, der ein ausgezeichnetes Baumaterial abgibt, wird zur Versorgung des Bereiches Freilassing – Laufen in zwei Gruben bei Saaldorf und Osing abgegraben. Aufgrund der kompakten Lagerung werden standfeste Wände mit mehr als 25 m Höhe erreicht. Während der südliche Abbau als Trockenbaggerung geführt wird, ist im nördlichen das Grundwasser aufgeschlossen. Das Material wird zum Straßen- und Wegebau, Hoch- und Tiefbau, für Fahrbahndecken, zur Betonherstellung etc. verwendet. Eine Einschränkung der künftigen Verfügbarkeit dieses Rohstoffes ist aus geologisch-lagerstättenkundlicher Sicht selbst langfristig nicht zu erwarten.

Im übrigen Verbreitungsgebiet würmeiszeitlicher Moränen sind vereinzelt Vorstoßschottervorkommen bekannt, die bislang in ihren Dimensionen noch nicht exakt bestimmt sind. Sie finden sich vor allem westlich und nördlich des Waginger Sees und werden stellenweise, so zwischen Leopoldsberg und Froschham, bei Mönchspoint und Hechenberg abgebaut. Sie dienen vor allem der Versorgung des Bereiches zwischen Traun-/Alztal und dem Waginger See.

Kiese und Sande, teils bindig, der Moräne (823)

(Alt- und Jungmoräne)

(ULRICH LAGALLY)

Mit den quartären Vereisungen kam es im südbayerischen Raum neben der Ablagerung von Vorstoßschottern (Nr. 821, 822) sowie Decken- und Terrassenschottern (Nr. 820, 821, 824) zur Bildung unterschiedlicher Moränen. Dabei wurden jeweils in mehreren Phasen Grund- und Endmoränen abgesetzt. Ältere Generationen haben durch nachträgliche Lößaufwehungen, Bodenbildungen und Erosion ihre charakteristischen morphologischen Formen häufig eingebüßt. Von wirtschaftlicher Bedeutung sind heute jedoch fast ausschließlich die Jungmoränen.

Lockermaterial, das an der Gletscherbasis transportiert, abgelagert und zum Teil überfahren wurde, wird als G r u n d m o r ä n e bezeichnet. Neben flachwelligem Gelände finden sich Kuppen, Hügel und in Fließrichtung des Eises ausgerichtete Drumlins. Diese Formen bestehen überwiegend aus einer feinen, bindigen Grundmasse (Geschiebemergel), in die eckige, aber auch abgerollte, oft gekritzte Gesteinsstücke unterschiedlicher Größe eingelagert sind.

Vor der Gletscherstirn wurden die E n d m o r ä n e n, an den Flanken die S e i t e n m o r ä n e n abgelagert, häufig mit Beteiligung von Schmelzwässern. Das Material wurde entweder mit dem Eis transportiert oder vor der Gletscherstirn hergeschoben und dort stellenweise durch Schmelzwässer umgelagert, wobei es zu einer gewissen Sortierung bzw. Auswaschung feiner Bestandteile kam; entsprechend finden sich eckige Gesteinsstücke und große Blöcke neben kantengerundeten bis abgerollten Komponenten.

Die würmeiszeitlichen End- und Seitenmoränen (Wallmoränen) haben oft die Form morphologisch deutlich ausgeprägter Höhenrücken und langgestreckter Wälle, die einen ehemaligen Eisrand nachzeichnen. Nach außen bilden sie einen Übergangskegel aus z.T. sehr mächtigen, weniger groben, aber meist schluffigen Schottern und gehen in Terrassenfelder über. Nach innen – ins ehemalige Gletscherbecken – fallen sie steil ab, doch sind ihnen Eisrandterrassen, die Gletscherstillstandsphasen repräsentieren, angelagert. Aufgrund des Oszillierens der Gletscher kam es zur Ablagerung mehrerer Generationen von Endmoränenzügen, zwischen denen flachwelliges oder ebenes Gelände liegt. Diese bevorzugt von Schmelzwässern benutzten Rinnen wurden meist mit spätglazialen Schottern (Nr. 824) gefüllt.

Der Stoffbestand der jungpleistozänen Wallmoränen ist dem der gleichaltrigen Grundmoränen ähnlich. Auch hier finden sich eckige Geschiebe unterschiedlicher Größe in einer tonig-schluffigen Grundmasse. Moränen, die relativ reich an kristallinen Gesteinen sind und daher einen Großteil ihrer Geschiebe aus den Zentralalpen beziehen, werden als Fernmoräne bezeichnet. Stammt ihr Gesteinsinhalt vorwiegend aus dem Gebiet der nördlichen Kalkalpen, so nennt man sie Lokalmoräne.

Je nachdem, wie intensiv Schmelzwasser am Transport des Moränenmaterials beteiligt war, kam es stellenweise zur Ausbildung von Kies- und Schottermoränen.

Hierbei wurden Abfolgen von horizontal- und schräggeschichteten Kiesen, wiederholt unterbrochen durch bindige Lagen, oft auf engsten Raum neben oder über grobblockiges Material geschüttet. Diese geschichteten Moränen, die in Lagerung und Kornaufbau moränennahen Flußkiesen (Nr. 824) ähnlich sind, können bedeutende Kieslagerstätten darstellen. Da sie aber, wo bekannt, meist nur geringe Ausdehnung besitzen und generell beim derzeitigen Untersuchungsstand in ihrem Umfang nicht sicher festlegbar sind, wurden sie in der Karte nicht flächig dargestellt.

Von wirtschaftlichem Interesse für die Bauindustrie sind meist nur die wallförmigen Endmoränen der Würmeiszeit, in denen vorsortierte Schotter zu vermuten sind. Sie haben oft eine Höhe von mehreren 10er Metern, führen frisches Material und sind kaum mit Deckschichten überlagert; auch sind sie überwiegend grundwasserfrei. Verfestigungen finden sich sehr selten. An ihnen angelagert sind oft Reste von Niederterrassen oder spätglazialen Aufschotterungen erhalten, die durch ihre höhere Qualität das gesamte Vorkommen verbessern.

Aufgrund der Vielzahl der auf der Karte dargestellten, oft nur zeitweilig betriebenen Gewinnungsstellen wird auf ihre vollständige Aufzählung hier verzichtet. Es werden nur einige Bereiche, denen durch den Betrieb mehrerer Abbaustellen gewisse überörtliche Bedeutung zukommt, kurz beschrieben.

Allgemein gilt, daß Gruben dort angelegt sind, wo das Material nur geringer Aufbereitung bedarf und die Transportwege zum Verbraucher möglichst kurz sind. Dies ist vor allem in Gebirgsregionen, wo Moränenkiese oft die einzigen nahegelegenen Baurohstoffe sind, sowie in den Moränengürteln, wo stellenweise hochqualitative Kiese gewonnen werden können, der Fall. Grundmoränen, die sich meist nur zu Auffüllzwecken eignen, werden mancherorts für den örtlichen Bedarf abgegraben.

Im Einzugsgebiet des R h e i n werden im Raum Weiler – Steinegaden an mehreren Stellen Moränenkiese abgebaut, die häufig mit Schotterterrassen spätglazialer Eisrandlagen in Zusammenhang stehen. Die Moränen bestehen aus unsortierten, schluffigen Schottern unterschiedlicher Korngröße, sind nur grob geschichtet und häufig regellos im Verband. Lagen mit besserem Sortierungsgrad haben oft nur geringe laterale Ausdehnung. Die Abbauhöhen der Gruben liegen zwischen 10 m und 15 m, grundwasserführende Schichten sind nicht angeschnitten.

Die meisten Gewinnungsstellen im I l l e r t a l liegen in der Nähe von Kempten in jungpleistozänen Moränen, da hier größere Vorkommen von Vorstoßschottern und spät- bis postglazialen Kiesen fehlen. Die Gruben befinden sich südlich von Waltenhofen, im Stadtbereich von Kempten, bei Leubas und Zollhaus. Neben bindigen Moränenkiesen, die bis zu 20 m mächtig werden können, stehen auch manchmal unterlagernde Vorstoßschotter und spätglaziale Abschmelzschotter wie z.B. bei Dietmannsried in Abbau. Stellenweise ist das Grundwasser freigelegt.

Weitere Vorkommen von Schottermoräne sind im Außenbereich der würmzeitlichen Vereisung zu erwarten. Zwischen Wiggensbach, Altusried, Grönenbach, Probstried und Börwang liegen hintereinander gestaffelt mehrere Wallmoränen,

die verschiedene Gletscherrückzugsphasen dokumentieren. Wegen der Nähe zu Niederterrassen- und Vorstoßschottern sind diese potentiellen Rohstoffvorkommen bislang aber noch nicht genügend untersucht worden.

Im Jungmoränenbereich des ehemaligen Wertachgletschers sind Abgrabungsstellen von Moränenmaterial auf den Südteil bei Mittelberg, Nesselwang und Seeg konzentriert, während im nördlichen Teil der Rohstoffbedarf überwiegend aus Vorstoß- und Terrassenschottern gedeckt wird. In den wenigen Gruben werden überwiegend sandige, z.T. lehmige, jungpleistozäne Kiese von 10 m bis 12 m Mächtigkeit abgegraben. Von überörtlicher Bedeutung sind aber nur die Vorkommen bei Mittelberg und Gschwend, die neben würmglazialem überwiegend rißeiszeitliches Material enthalten, das z.T. nagelfluhartig verbacken ist. Die über 20 m mächtigen Schotter sind unsortiert, überwiegend geschichtet und z.T. stark schluffig.

Weitere mögliche Kiesvorkommen liegen im Endmoränenbereich nördlich von Aitrang und östlich der Wertach zwischen Mauerstetten und Bidingen.

Im Vergleich zu den ergiebigen Vorkommen spätglazialer Terrassenschotter spielen Abgrabungen von Moränenkiesen im Lechgebiet nahezu keine Rolle. Abbaustellen von würm- und rißeiszeitlichen Moränen finden sich nur bei Burggen und Geretshausen – Walleshausen – Geltendorf. Langfristig könnten mögliche Vorkommen in den Endmoränenwällen zwischen Sachsenried, Kinsau, Issing und Geltendorf an Bedeutung gewinnen.

Im Einzugsgebiet von Ammer, Loisach und Isar stehen kiesige Moränen an ca. 20 Stellen in Abbau. Mit wenigen Ausnahmen werden dabei unsortierte, z.T. bindige Schotter der letzten Vereisung abgegraben. Die Tiefen der Gruben, die überwiegend im Trockenabbau geführt werden, liegen im Durchschnitt bei 10 m bis 15 m. Eine Konzentrierung von Gewinnungsstellen findet sich im oberen Isartal zwischen Schlegldorf und Bad Tölz. Dort treten sandig-schluffige Moränenkiese oft zusammen mit würmeiszeitlichen Vorstoßschottern auf und werden in Gruben mit Abbauhöhen bis 25 m gemeinsam mit diesen gewonnen.

Vor allem nördlich der Linie Wessobrunn – Dießen – Tutzing – Geretsried findet sich eine Vielzahl unterschiedlicher Wallmoränen, die Seiten- und Endmoränen verschiedener Gletscherrückzugsstadien repräsentieren. Sie enthalten stellenweise abbauwürdige Kiesvorkommen, die jedoch nur z.T. näher untersucht sind.

Gewinnungsstellen von Moränenkies im Einzugsbereich des Inn und der Alz werden vergleichsweise nur an wenigen Stellen betrieben. Westlich und südwestlich des Chiemsees tragen sie zur Deckung des örtlichen Bedarfes an Baurohstoffen bei. Dort werden bis zu 25 m mächtige, schluffig-bindige Schotter im Trockenabbau gewonnen. Auch bei Söchtenau werden schluffige Moränenkiese abgegraben, wobei jedoch das Hauptinteresse unterlagernden, relativ sauberen Schottern, die über dem Grundwasserspiegel liegen, gilt. Für den Raum nördlich des Tegernsees von Bedeutung sind zwei Gruben, die östlich von Schaftlach betrieben werden. Dort wird bindiger, aber auch schluffarmer Kies im Trockenabbau gewonnen.

Im Altmoränenbereich zwischen St. Wolfgang und Lengdorf sind einige Kiesgruben angelegt, in denen rißeiszeitliches Moränenmaterial abgegraben wird. Unter einer mehrere Meter mächtigen Lehmdecke liegen in einer sandig-schluffigen Grundmasse ungeschichtete, unsortierte Geschiebe und Gerölle vom Feinkies bis zu Steingröße, die vorwiegend aus dem zentralalpinen Bereich stammen. Sie sind häufig teilweise zersetzt und mürbe und mindern dadurch die Qualität des Materials, auch in ausgewaschenen Partien, erheblich.

Weitere potentielle Kiesvorkommen im Einzugsgebiet des Inn liegen im Bereich der Wallmoränen, die sich von Weyarn über Ebersberg, Haag, Schnaitsee nach Halfing erstrecken. Ähnliche Voraussetzungen bieten die Endmoränen des Chiemseegletschers zwischen Seeon und Vachendorf.

Vor allem im westlichen Jungmoränenbereich des Salzachvorlandgletschers, der relativ arm an glazifluviatilen Schottern ist, stehen mehrere, meist geringdimensionierte Vorkommen von kiesigen Moränen in Abbau. Von überörtlicher Bedeutung sind die Schottermoränen bei Weilham, die stark sandige, lehmige, unsortierte Kiese enthalten, welche jedoch über einer feinerkörnigen, besser sortierten Serie, die ältere Schüttungen repräsentiert, liegen. Die gesamte Abbaumächtigkeit beträgt 20 m bis 25 m.

Ein für den Raum Bad Reichenhall – Berchtesgaden wichtiges Vorkommen, das von drei Betrieben vorwiegend im Trockenabbau abgegraben wird, liegt bei Winkl. Die Gesamtmächtigkeit der Schotter beträgt ca. 20 m, doch wirkt sich auch hier die Mitverwendung spätglazialer Ablagerungen positiv auf die Abbausituation aus.

Weitere nutzbare Moränenkiesvorkommen dürften sich im Bereich der Endmoränenwälle finden, die den Westrand des würmeiszeitlichen Salzachvorlandgletschers zwischen Traunstein, Tyrlaching und Asten begleiten.

Jungpleistozäne Kiese und Sande (Niederterrassen), spätglaziale und holozäne Kiese und Sande im Vorfeld und innerhalb des Moränenbereiches (824)

Seit dem Höchststand der letzten Eiszeit wurden im Moränenbereich der jungpleistozänen Vorlandgletscher und vor allem in ihrem Vorfeld entlang der ehemaligen und heutigen Flüsse die aus lagerstättenkundlicher Sicht wohl bedeutendsten Sand- und Kiesvorkommen Südbayerns aufgeschüttet. In die noch im Verlauf der Würmeiszeit vor den Endmoränen abgelagerten Niederterrassen schnitten sich nachfolgend die Flüsse ein und schufen durch abwechselnde Erosion und Aufschüttung die heute vorliegenden, oft reich gegliederten nacheiszeitlichen Flußtäler und Schotterfelder. Nahe der Endmoränen sind die Niederterrassen oft in mehrere, terrassenförmig übereinander liegende Schotterfluren aufgeteilt. Talabwärts nehmen ihre Niveauunterschiede ab. Sie gehen schließlich in mehr oder weniger ungegliederte Talauen über. Die im Moränenbereich nach dem Eisrückgang freigewordenen Abflußrinnen sind mit Lockermaterial gefüllt und weisen meist ebenfalls mehrere Terrassenflächen auf.

Die Sande und Kiese sind fast ausnahmslos unverfestigt, ihre Gerölle hart und frisch. Nur nahe der Oberfläche sind manche Komponenten durch Verwitterung in ihrer Qualität gemindert. Diese meist dünne Zone bildet oft, mit Ausnahme der Vorkommen in den Talauen und Moorbereichen, die einzige für den Abbau störende Überlagerung. In Endmoränennähe, wo meist ein Abbau ohne Grundwasseraufschluß erfolgen kann, werden die mächtigsten Kiesabfolgen angetroffen, deren Material meist sehr stark wechselnde Korngrößen und durch die Moränennähe bedingte ungewünschte Beimengungen führt. Mit zunehmender Transportentfernung tritt bei gleichzeitigem Ausdünnen der Lagen eine bessere Sortierung und natürliche Aufbereitung der Kiese ein; jedoch müssen mit der talabwärts fortschreitenden Annäherung der Grundwasserstände an die Geländeoberfläche Gewinnungsstellen jeweils von einem bestimmten Talbereich an als Naßbaggerungen betrieben werden.

Der Einsatzbereich dieser Rohstoffe erstreckt sich auf nahezu den gesamten Hoch- und Tiefbau sowie die Herstellung von zement- und bitumenhaltigen Produkten, wobei sie teils als Schüttmaterial, vor allem aber als Zuschlagstoff verwendet werden.

Nachfolgend sind die hoch-, spät- und nachwürmeiszeitlichen Sand- und Kiesvorkommen der bayerischen Alpen und ihres Molassevorlandes, nach den Einzugsgebieten der rezenten Flüsse gegliedert, beschrieben.

Einzugsgebiet des Rhein

(Ulrich Lagally)

Das Allgäu westlich der Linie Weitnau – Oberstaufen wurde in der Würmeiszeit vom Rheingletscher miterfaßt und zeitweise gänzlich mit Eis überdeckt. Daher finden sich neben Vorstoßschottern (Nr. 822) und Moränen (Nr. 823) nur wenige, im allgemeinen kleinflächige Schottervorkommen, die während des Eiszerfalls oder nach dem Abschmelzen durch Schmelzwässer abgelagert wurden.

Im Bereich um Röthenbach im Allgäu liegen die bedeutendsten dieser spät- bis postglazialen Schotter. Sie wurden wahrscheinlich als Eisrandbildungen während eines Rückzugsstadiums vor allem an Moränen angelagert, zu denen stetige Übergänge bestehen. Ihre flächenmäßige Verbreitung ist gering und oft durch Talungen unterbrochen; die meisten Vorkommen befinden sich an den Talhängen des Schwarzenbach, Röthenbach, Angerbach und Sägertobel, wo Abbautiefen von 10–30 m erreicht werden. Grundwasser wird meist nur in den im Talbereich liegenden Schottern, die wie die Terrassen nur eine geringmächtige Bodenüberdekkung aufweisen, angetroffen.

Das Lockermaterial, das durch den Rheingletscher transportiert wurde, zeichnet sich gegenüber dem Einzugsbereich der Iller oberhalb Maria Steinbach durch seinen Reichtum an unterschiedlichen, aus den Zentralalpen stammenden Kristallingeröllen aus.

Die gletschernahen Bildungen sind als schlecht sortierte, schluffige Grobschotter mit Steinen anzusprechen. Das überwiegend sehr grobe, oft nur kantengerundete Material zeigt meist undeutliche Schichtung oder auch regellosen Verband. Lagen unterschiedlichen Sortierungsgrades und meist geringer lateraler Ausdehnung wechseln sich ab. Die Einzelkomponenten sind überwiegend frisch, Kristallin- und Dolomitgerölle manchmal verwittert und mürbe.

Neben einer Anzahl kleiner Gruben finden sich einige wenige Abbaustellen, die für die Bauindustrie von überörtlicher Bedeutung sind. Diese liegen bei Ellhofen, Schönau und Grünenbach. Stellenweise wird, wie z.B. in Ellhofen, auch Moränenmaterial mitgewonnen. Die Kiesgruben bei Steinegaden und Giesenberg haben heute aufgrund ihrer geringen Vorräte nur noch untergeordnete Bedeutung; für die bestehenden Aufbereitungsanlagen in Steinegaden und Ellhofen wird Material aus ca. 6–10 km Entfernung angefahren.

Aufgrund der schlechten Vorratslage, bedingt durch wahrscheinlich geringe Ausdehnung und Mächtigkeit vergleichbarer Schottervorkommen in diesem Raum und konkurrierender Nutzungsansprüche (Landschafts- und Wasserschutz, Fremdenverkehr etc.) ist eine künftige Verfügbarkeit von Sand und Kies aus den Vorkommen bei Röthenbach langfristig nicht gewährleistet. Als Alternative bietet sich mittelfristig das Vorkommen bei Maria Thann (Nr. 822) an, das jedoch schon heute mit verwertet wird. Als weiterer Ersatz kommen Moränenkiese in Frage, die aber einen hohen Aufbereitungsaufwand erfordern.

Einzugsgebiet der Iller

Bereich zwischen Oberstdorf und Grönenbach

(Ulrich Lagally)

Im oberen Talabschnitt der Iller zwischen Oberstdorf und dem Endmoränengürtel sowie in ihren Nebentälern sind im wesentlichen spät- und postglaziale Schotter abgelagert, die teils die Talböden, teils deren Flanken bedecken. Besonders nördlich von Oberstdorf, bei Sonthofen und Immenstadt, bei Stein und nördlich von Martinszell sowie im Bereich zwischen Kempten und Krugzell kommt es zu Talverbreiterungen bis auf ca. 1,5–2 km. Über der Talaue liegen stellenweise mehrere wenige Meter mächtige Terrassenstufen. Während im Raum nördlich und südlich von Kempten die vorwiegend postglazialen Schotter nur geringe Mächtigkeiten (5 bis 10 m) haben, können lokal, besonders im Bereich spätglazialer Schotterterrassen wie z. B. bei Oberstdorf oder Bühl, 20–25 m und mehr erreicht werden. Diese Kiese sind nur mit einer dünnen Bodenschicht überdeckt und lassen sich meist trocken abbauen. Die holozänen Sedimente in den Talbereichen haben bei sehr hohem Grundwasserstand nicht selten Deckschichten wie z.B. Auenlehm von 1 m und mehr.

Ausbildung und Eigenschaften: Bei den spät- und postglazialen Schottern des oberen Illertales handelt es sich im wesentlichen um sandige bis schluffige Mittelkiese, die z.T. in Grobkiese übergehen. Gelegentlich finden sich auch Steine und grobe Blöcke. Die Kiese sind schlecht sortiert, Einzelkomponenten

haben oft nur kantengerundete Form. Sie sind überwiegend frisch, weniger widerstandsfähige Gerölle sind meist aufgearbeitet. Stellenweise finden sich in den holozänen Ablagerungen schluffige Horizonte geringer Mächtigkeit.

Den überwiegenden Anteil am Geröllbestand machen kalkalpine Gesteine aus, die die Schotterterrassen fast gänzlich aufbauen; flußabwärts schalten sich zunehmend Helvetikum-, Flysch- und Molassegesteine ein. Durch mehrfache Umlagerung in den tiefergelegenen Ablagerungsräumen kam es zur Aufarbeitung mürben Materials und Auswaschung schluffig-toniger Bestandteile. Daher sind sowohl die postglazialen Talschotter wie das Material der spätglazialen Terrassen meist von sehr guter Qualität.

Gewinnung und Verwendung: Die bislang im oberen Illertal betriebenen Abbaustellen liegen vorwiegend im Auenbereich. Außer in kleineren Gruben zwischen Sonthofen und Immenstadt, bei Kempten sowie bei Lauben, daneben auch am Alpsee bei Bühl, wird in zwei Gebieten – bei Eggen und nördlich von Stein – intensiv Kies aus holozänen Schottern gewonnen; die dort ansässigen Betriebe versorgen vornehmlich den Raum zwischen Kempten und Sonthofen mit Baurohstoffen, Straßenbaumaterial u.ä.. Spätglaziale Schotter werden in kleineren Gruben bei Obermaiselstein und St. Mang abgegraben. Trotz stellenweise beachtlicher Mächtigkeiten sind diese Vorkommen jedoch flächenmäßig beschränkt, so daß sie nur bedingt als Alternative für die Naßbaggerungen der Auenbereiche, die vor allem aus ökologischen Gründen problematisch sind, in Frage kommen. Als künftige Rohstoffquelle sollten daher verstärkt Moränengebiete und bisher nur stellenweise genutzte, jedoch noch nicht genügend explorierte Vorstoßschottervorkommen in Betracht gezogen werden.

Bereich Legau – Heimertingen

(Hermann Weinig)

Südöstlich von Legau lösen sich von den Jungmoränen zwei Schmelzwasserrinnen, die sich bei Straß zu einem Tal vereinigen, das sich über Legau bis Lautrach erstreckt. Dort fällt diese im Hochglazial aufgeschotterte „Lautrachrinne" zum nacheiszeitlichen Tal der Ach mit zwei Terrassenstufen ab. Die gut 1 km breiten Talzüge enthalten Schotter, für die im Süden Mächtigkeiten zwischen 20 und 30 m anzunehmen sind, die bis Lautrach auf schätzungsweise 20 m abfallen dürften. Die Schotter liegen in den oberen 10 m, am Abbruch zu den Tälern von Ach bzw. Rohrach und Iller auch in größerer Mächtigkeit trocken.

Die derzeit kaum durch Gewinnungsstellen einzusehenden Schotter sind als moränennahe Schüttung durch reichliches Grobmaterial charakterisiert. Ihre Qualität dürfte einer Verwendung im Bereich der Bauwirtschaft genügen. Die Schotter der Lautrachrinne wurden bisher jedoch nur an wenigen Stellen abgebaut. Die Enge des teilweise durch Streusiedlung belegten Tales wie auch die zum Verbrauchszentrum Memmingen vergleichsweise weniger verkehrsgünstige Lage sprechen gegen eine stärkere Nutzung dieser Schotter – etwa als Alternative zu den Kieslagerstätten im Umkreis von Grönenbach. Immerhin bietet die Lautrachrinne an mehreren Stellen grundsätzlich die Möglichkeit zu landsparendem Trockenabbau.

Bei Fluhmühle, südwestlich von Grönenbach, durchbricht das Illertal die Jungmoräne in einem cannonartigen, tief in das Tertiär eingeschnittenen Tal. Dieses weitet sich bald auf etwa 1 bis 2 km Breite. Bei Heimertingen vereinigt sich das heutige Illertal mit einer weiteren Abflußrinne des Illergletschers, dem Memminger Achtal.

Die Iller hat die würmglazialen Schotter im Bereich dieses Talstückes weitgehend ausgeräumt. Eine Ausnahme bildet das noch als Niederterrasse anzusehende Schotterfeld bei Volkratshofen (s.u.). Zurück blieben mehrere nacheiszeitliche Terrassen vorwiegend erosiver Entstehung, die den Fluß begleiten. Die kräftige Eintiefung der Iller ließ keine hohen Mächtigkeiten entstehen, die sich im Bereich von Terrassen und Talaue nur im Größenbereich einiger Meter bewegen, wobei die Schotter je nach ihrer Terrassenposition überwiegend trocken, im Bereich der jüngsten Talaue dagegen grundwassererfüllt vorliegen.

Eine Gewinnung der frischen Grobschotter ist in größerem Umfang wegen der engräumigen morphologischen Gliederung und anderweitiger Nutzung des Illertales nur in sehr beschränktem Umfang, am ehesten noch im etwas aufgeweiteten Talstück zwischen Aitrach und Buxheim möglich.

Eine Sonderstellung nimmt im mittleren Illertal die Niederterrasse westlich Volkratshofen ein. Sie erhebt sich 15 m über den tiefsten Talboden der Iller und ist, da spornartig nach Westen vorspringend, weitgehend entwässert. Die sandigen Grobschotter mit deutlichem Steinanteil sind vollständig von brüchigen Komponenten befreit, durchweg unverwittert und wohl auch unverfestigt. Sie könnten in einer Mächtigkeit von etwa 12–15 m im Trockenabbau landschaftsschonend gewonnen werden, da sich die Terrassenkante südlich und nordöstlich von Brunnen als Abbaufront anbietet. Die Höhenlage des Tertiärsockels ist nicht bekannt, dürfte jedoch kaum oder nur wenig unterhalb des Illertalbodens liegen. Ein zusätzlicher Naßabbau kommt hier jedenfalls wegen zu geringer Ausbeute nicht in Betracht.

Tal der Memminger Ach zwischen Grönenbach und Heimertingen

(Hermann Weinig)

Westlich von Grönenbach ist die Niederterrasse durch einen Übergangskegel mit der Endmoräne verbunden und füllt das 2–3 km breite „Memminger Trockental" bis zum 15 m hohen Abbruch ins Illertal. Die Niederterrasse des Memminger Trockentales wird zwischen Woringen, Memmingen-Ost und Heimertingen von einer jungen Talfüllung, dem Memminger Achtal, durchschnitten, das nur untergeordnet Kiese, vor allem aber Feinsedimente sowie Alm, Kalktuffe und Torf enthält.

Die Mächtigkeiten der Niederterrasse betragen im Süden in Moränennähe bis über 50 m, bei Woringen noch 25 m, um dann bis zum Illertal auf etwa 12 m abzunehmen. Im Memminger Achtal liegen 6–8 m Schotter und weniger vor.

Erhebliche Teile der Schotter liegen trocken. Die größten Flurabstände finden sich westlich Grönenbach im Bereich der Wurzelzone der Niederterrasse. Hier ist mit mindestens 20 m Trockenkiesen zu rechnen. Im Darast betragen die Flurabstände des Grundwassers noch 10–12 m, während sie im Steinheimer Feld nördlich Memmingen auf 5–6 m abnehmen. In der Nähe des Illertales sind die Kiese weitgehend entwässert. Die Niederterrasse trägt erst nördlich von Memmingen, im Bereich des „Steinheimer Feldes", eine Lößlehmdecke von durchschnittlich 1–2 m, nur selten über 3 m Mächtigkeit.

Ausbildung und Eigenschaften: Die Schotter des Memminger Trockentales besitzen im Süden noch moränennahe Ausbildung mit hohem Grobkies- und Steinanteil. Auch im weiteren Talverlauf bleibt der Grobschotter-charakter der fein- und mittelsandigen, schlecht sortierten Kiese weitgehend erhalten. Die gut gerundeten Gerölle sind teils frei von schluffig-tonigen Anteilen, können aber lagenweise lehmige Ummantelung aufweisen. In die frischen Schotter greifen nur gelegentlich Verwitterungstrichter etwa 2 m tief ein. Verfestigung der Schotter kann in der Nähe des Terrassenrandes zum Illertal auftreten.

Das Material besitzt gute Baustoffqualitäten, wenngleich das Ausgangsmaterial einen gewissen Mangel an Sand- und Feinkiesen aufweist.

Gewinnung und Verwendung: Die heutigen Schwerpunkte der Kiesgewinnung liegen im Raum Darast und westlich Hetzlinshofen. Die Kiese werden in allen Anwendungsbereichen des Betonbaus, auch zur Herstellung von Fertigteilen, eingesetzt. Der Überschuß an Grobkorn wird gebrochen und als Splittgut etwa im Straßenbau verarbeitet. Nördlich Darast ist – sieht man von den Randgebieten des Steinheimer Feldes ab – aus Gründen der Rentabilität Kiesgewinnung auch aus dem Grundwasserbereich notwendig. Südlich davon könnte der Abbau auf den Trockenbereich beschränkt werden, allerdings unter Verzicht auf etwa die Hälfte der gewinnbaren Kiese.

Das ausgedehnte Gebiet des Memminger Trockentales um Darast bis hin zur Endmoräne stellt zusammen mit den südlich anschließenden Moränenkiesen eines der umfangreichsten Kiesvorkommen des bayerischen Alpenvorlandes dar.

Seine wirtschaftliche Bedeutung als wichtige Rohstoffbasis wird auch künftig erhalten bleiben. Für einen landschaftsschonenden und flächensparenden Abbau sind günstige geologische Voraussetzungen gegeben. Im Vergleich hierzu dürfte der Norden des Memminger Tales – wenn auch näher am Verbrauchszentrum Memmingen gelegen – an Bedeutung für die Kiesgewinnung verlieren.

Illertal zwischen Heimertingen und Donau

(Hermann Weinig)

Das Illertal führt in diesem Abschnitt postglaziale Aufschüttungen, die morphologisch nur noch schwach gegeneinander abgesetzt sind. Durch ihren Waldbewuchs hebt sich aber die flußbegleitende holozäne Auwaldstufe gut vom

übrigen Postglazial ab. Dieser 40 km lange Abschnitt des Illertales ist auf bayerischem Gebiet (östlich des Flußlaufes) durch ausgedehnte Siedlungsgebiete künstlich aufgeteilt. Bei Kellmünz schafft zusätzlich der unmittelbar an den Fluß herantretende Talhang eine Teilung der freien Talstrecke: Dem fast ausschließlich der Auwaldstufe angehörigen Talstück zwischen Heimertingen und Kellmünz folgt die durch die Orte Illereichen-Altenstadt, Illertissen, Vöhringen und Senden mehrfach unterbrochene Talstrecke bis zur Illermündung. Eine großräumige zusammenhängende Freifläche bildet auch das Gebiet des Illerschwemmkegels östlich Neu-Ulm.

Die Schotterfüllung dieses Talabschnittes besitzt Mächtigkeiten von unter 10 m. Bei örtlichen Abweichungen dürften Quartärmächtigkeiten von 5–8 m am häufigsten auftreten. Grundwasser ist durchweg flurnah anzutreffen. An Deckschichten sind vor allem die Torfe des Illerschwemmkegels zu nennen, die jedoch an Mächtigkeit die üblichen Auenlehmdecken von wenigen Dezimetern nur wenig übersteigen.

Ausbildung und Eigenschaften: Die Kornzusammensetzung entspricht in diesem Talabschnitt einem gut aufgearbeiteten, moränenferneren Grobschotter, bestehend aus wechselnd sandigen Fein-, Mittel- und Grobkiesen ohne bedeutenden Steinanteil und ist weitgehend frei von abschlämmbaren Bestandteilen. Die unverfestigten, frischen Kiese bieten durch ihre gute Kornstufung ein gutes Ausgangsmaterial.

Gewinnung und Verwendung: Das Illertal zwischen Heimertingen und Donau liegt im Bedarfsbereich mehrerer mittelgroßer Verbrauchszentren sowie im Einzugsbereich des Ballungsraumes Ulm – Neu-Ulm. Das Tal wurde deshalb bisher bereits stärker durch den Kiesabbau beansprucht. Der Bedarf wird auch künftig anhalten. Ausgedehnte Bebauung, Verkehrswege und Auwaldgebiete verringern jedoch neben sonstigen Flächennutzungen, etwa durch Trinkwassergewinnung, die potentiellen Gewinnungsgebiete in starkem Maße. Möglichkeiten der Kiesgewinnung müssen jedoch in den zwischen Senden – Vöhringen – Illertissen und Illereichen gelegenen Freiräumen vor allem im Anschluß an bestehende Gruben gesucht werden. Potentielle Gewinnungsgebiete sind trotz allem reichlich vorhanden. Vor allem aber ist die Möglichkeit der Kiesgewinnung im Bereich des Illerschwemmkegels stärker als bisher in Betracht zu ziehen. Eventuellen Erschwernissen durch Torfabraum im Grundwasserbereich stehen kürzere Transportentfernungen nach Ulm und in den württembergischen Raum gegenüber.

Rothtal

(Hermann Weinig)

Das 2–4 km breite Rothtal stellt die nördliche Fortsetzung des Memminger Trockentales bzw. des Steinheimer Feldes dar. Seine Schotterfüllung ist als ältere Niederterrasse der Iller aufzufassen, die nach der Umlenkung des Flusses ins heutige Illertal trockenfiel.

Die Niederterrasse des Rothtales beginnt im Norden mit dem sog. Fellheimer Feld, das gegen das Illertal durch eine 15 m hohe Terrassenkante abgesetzt ist. Sie bildet im Rothtal einen ebenen, nahezu ungegliederten Talboden und hebt sich erst wieder zum Donautal hin durch eine ca. 5 m hohe Terrassenstufe ab.

Die Mächtigkeiten der Schotter des Rothtales betragen im Steinheimer Feld 10 bis 12 m und nehmen im weiteren Talverlauf bis zur Donauebene auf 6–8 m ab. Die Schotter sind zwischen Boos und Steinheim teils bis in Geländenähe mit Grundwasser erfüllt, was bei Obenhausen, Oberroth und nördlich Boos zur Torfbildung führte. Zu den Terrassenrändern des Fellheimer Feldes und des Unteren Rothtales sinkt die Grundwasseroberfläche auf etwa das Niveau der vorgelagerten Talauen ab, womit hier nahezu das gesamte Schotterpaket trockenliegt.

Auf der Niederterrasse des Rothtales bildete sich nach der Umlenkung der Iller in ihr heutiges Tal vor allem im Norden und Süden eine heute als Lößlehm vorliegende Deckschicht. Diese erreicht im Fellheimer Feld und in Donaunähe Mächtigkeiten bis zu 2 m, bisweilen auch darüber. Im mittleren Teil des Rothtales überdecken dagegen Moorbildungen und Schwemmlehme teils in ähnlicher Mächtigkeit die Schotter.

Ausbildung und Eigenschaften: Die zwischen Fellheim und Heimertingen einzusehenden Schotter erweisen sich als fein- bis mittelsandige Kiese mit hohem Grobkiesanteil. Im weiteren Verlauf des Rothtales sind die Schotter nicht erschlossen, dürften sich jedoch unter den Deckschichten als geschlossener Schotterkörper guter Materialqualität fortsetzen, wie aus wenigen Aufschlüssen bei Holzheim zu entnehmen ist. Abgesehen von einer etwa 1 m tief in den Schotterkörper eindringenden lehmigen Verwitterung sind die Gerölle der Niederterrasse unverwittert und frisch. Zu Nagelfluh verbackene Lagen dürften auf die Nähe der Terrassenränder beschränkt sein.

Gewinnung und Verwendung: Die Schotter des Rothtales sind bisher nur im Süden und Norden, etwa am Terrassenrand nördlich Heimertingen abgebaut worden. Die Gründe hierfür liegen sicher in der für Niederterrassen die Ausnahme darstellenden Überdeckung mit Lehm. Im mittleren Rothtal erschweren dagegen die z.T. bereits im Grundwasserbereich liegenden lehmigen und moorigen Deckschichten einen Abbau von trockenem Standort aus bzw. die saubere Abräumung der Deckschichten. Bei der Freilegung von Grundwasser in der heute üblichen Flächengröße von mehreren Hektar wäre in weiten Bereichen des mittleren Rothtales zudem mit hydrogeologischen Schwierigkeiten, etwa mit der Gefahr des Überlaufens von Baggerseen, zu rechnen.

Die genannten Schwierigkeiten werden, sieht man von wasserwirtschaftlichen oder landschaftlichen Vorbehalten ab, auch weiterhin das Rothtal von Kiesabbau weitgehend freihalten. Allerdings bestehen im westlichen Teil des Fellheimer Feldes sowie etwa zwischen Holzheim und Nersingen durchaus Möglichkeiten zur Kiesgewinnung, die sich an Aufwand und Ergiebigkeit etwa mit dem Abbau in grundwasserführenden Hochterrassen vergleichen lassen.

Einzugsgebiet der Günz

(HERMANN WEINIG)

Täler der Westlichen und Östlichen Günz

Die Täler der Westlichen und Östlichen Günz entspringen bei Untrasried bzw. südlich von Obergünzburg dem Jungmoränenbereich. Sie führten deren Schotter in sehr schmalen, teils nur weit unter 1 km breiten Schmelzwasserrinnen ab. Erst nördlich von Markt Rettenbach kommt es zur Aufweitung des Tales der Östlichen Günz und neben der postglazialen Talaue zur Bildung eines 1,5 bis 2 km breiten, im Süden 6 m, im Norden nur wenig über den Talboden ansteigenden Niederterrassenfeldes, das bei Erkheim und Günz den Rücken des Lerchenbergwaldes im Osten und Westen umschließt.

Die Günztalschotter erreichen nicht die in Moränennähe zu erwartenden hohen Mächtigkeiten. So werden bei Ottobeuren 6–8 m, bei Markt Rettenbach 5–7 m, bei Erkheim und Günz 8–10 m Mächtigkeit angetroffen. Für den Bereich der morphologisch hervortretenden Niederterrassen können entsprechend der Höhe ihrer Terrassenstufe ca. 10–13 m Mächtigkeit angenommen werden, was z.B. für den Bereich des Schwelktales belegt ist.

Das Grundwasser füllt die Günztäler bis in Flurnähe aus. Lediglich am Ostrand der Niederterrasse sind randlich einige Meter, maximal 5–6 m Flurabstand zu verzeichnen, die sich bis zum Schwelktal rasch auf einen flurnahen Grundwasserstand verringern.

Das Schottermaterial der Günztäler besteht aus vorwiegend schluffig-feinsandigen, unsortierten Kiesen der Fein-, Mittel- und Grobfraktion mit deutlichem Steinanteil.

Eine Kiesgewinnung dürfte im gesamten Tal der Westlichen Günz, im Tal der Östlichen Günz südlich Altisried infolge ihres Engtalcharakters und des Fehlens hoher Mächtigkeiten im allgemeinen nicht zweckmäßig sein. Im weiteren Talverlauf bietet sich vor allem die Niederterrasse zur Kiesgewinnung an, die bereits an einigen verstreut liegenden Stellen in Anspruch genommen ist. Am Terrassenrand zwischen Sontheim und Altisried käme unter Verzicht auf etwa die Hälfte der vorhandenen Kiesmächtigkeiten in gewissem Umfang auch Trockenabbau in Betracht.

Günztal zwischen Lauben und Donau

Nach der Vereinigung der Täler von Westlicher und Östlicher Günz zieht das Günztal in einer konstant 1 km breiten Talaue zur Donau. Bei Lauben wird die Niederterrasse von nacheiszeitlichen Schottern überdeckt, weshalb ab hier die Talaue der Günz eben und ungestuft ausgebildet ist. Die kiesig-sandige Talfüllung besitzt im Süden noch Mächtigkeiten von 8–10 m, die sich nach Norden erfahrungsgemäß um 2–3 m verringern dürften. Die im Unterlauf des Günztales etwas verringerten Schottermächtigkeiten deuten dort auch die Bildung von Flachmooren an. Sonst tragen die durchweg bis in Flurnähe grundwassererfüllten Talschotter eine geringmächtige Auenlehmdecke.

Die frischen, karbonatischen Grobschotter werden nur bereichsweise genutzt. Die Kiesgewinnung konzentrierte sich im Günztal bisher vor allem auf die Talstrecke zwischen Deisenhausen und Babenhausen, hier wiederum auf das Gebiet zwischen Deisenhausen und Breitenthal sowie nordwestlich Babenhausen. Weitere Kiesgewinnung ist im Günztal, das allerdings relativ fern von größeren Verbrauchszentren liegt, vom natürlichen Angebot und vorhandenen Freiräumen her durchaus möglich, wobei sich, um der Vermoorung und geringeren Mächtigkeiten auszuweichen, vor allem die Talstrecke südlich Babenhausen anbietet.

Einzugsgebiet der Mindel

Talgebiet der Mindel zwischen Aitrang und Bronnen

(Ulrich Lagally)

Das obere Mindeltal fiedert im Bereich von Mindelheim in mehrere Einzeltäler auf, wobei jedoch nur das Tal des Mühlbaches von größerer Bedeutung für die Sand- und Kiesgewinnung ist. Während Auerbach, Westernach und Mindel in meist engen, vorwiegend in tertiäre und alt- bis mittelpleistozäne Ablagerungen eingeschnittenen Tälern verlaufen, folgt der Mühlbach von den Würmendmoränen bei Salenwang nach Norden einem meist 0,5 bis 1,5 km, stellenweise bis zu 3 km breiten Tal. Es ist mit Niederterrassenschottern aufgefüllt, die im Bereich Blöcktach – Eggenthal – Baisweil Mächtigkeiten von 20 m und mehr bei relativ großen Grundwasserflurabständen erreichen können, so daß dort meist ca. 8–10 m Kies im Trockenabbau zu gewinnen sind. Zwischen Helchenried und Bronnen weitet sich das Tal auf ca. 2–3 km, bei Pfaffenhausen – Bronnen sogar über 4 km. Die Niederterrassenschotter weisen eine wegen des unruhigen Reliefs des Untergrundes wechselnde Mächtigkeit auf, die im allgemeinen zwischen 5 und 10 m schwankt. Nach Norden zu verringert sich der Flurabstand des Grundwassers stetig und liegt bei Lohhof und Bronnen nur noch ca. 1 m unter der Geländeoberfläche.

Die Niederterrassen sind meist nur wenig von unverwertbaren Deckschichten wie Bodenbildungen etc. überlagert. Im Bereich der heutigen Fluß- und Bachläufe, außerdem zwischen Lauchdorf und Helchenried, nordwestlich von Nassenbeuren, westlich der B 16 zwischen Mindelheim und Pfaffenhausen sowie zwischen Flossach und Mindel bei Bronnen mit Ausnahme der Talmitte sind sie von alluvialen Ablagerungen und Niedermooren, die bereichsweise über 1 m stark werden können, bedeckt.

Die jungpleistozänen Talschotter wechseln im oberen Mindeltal ihre Zusammensetzung nur wenig. Vorherrschend sind schlecht sortierte, mittelsandige Fein- bis Grobschotter, die im Bereich oberhalb von Mindelheim wenig gerundete, z.T. auch eckige Komponenten führen. Der Anteil an schluffig-bindigem Material ist gering, die Schotter sind überwiegend sauber. Die einzelnen, fast ausnahmslos kalkalpinen Gerölle sind im allgemeinen in frischem, unverwittertem Zustand. In den lagig aufgebauten Schotterkörpern fehlen meist störende Einlagerungen und Verfestigungen.

Im allgemeinen stehen einem Abbau dieser Schotter aus lagerstättenkundlicher Sicht wenig Hindernisse entgegen. Die Abraummächtigkeiten sind meist gering, die Möglichkeiten für Trockenabbau vor allem südlich von Mindelheim als gut zu beurteilen.

Die Niederterrassenschotter sind bislang zwar an vielen Stellen abgebaut worden, jedoch dienten diese Aktivitäten vorwiegend der Deckung des örtlichen Bedarfs und waren entsprechend gering dimensioniert. Bei Mindelheim sowie bei Salgen sind derzeit drei Abbaustellen in Betrieb, die einen Beitrag zur Versorgung der näheren Umgebung mit Baukies, Straßenbaumaterial usw. leisten. Sie stehen damit z.T. in Konkurrenz zu den Rohstoffgewinnungsbetrieben an der Flossach (s.u.), die jedoch vornehmlich den Raum Bad Wörishofen – Türkheim beliefern. Von der Vorratssituation her bestehen für einen weiteren Abbau längerfristig keine Probleme, jedoch ist aufgrund des hohen Grundwasserstandes im nördlichen Abschnitt eine Konfliktsituation vorgegeben.

Talgebiet der Flossach zwischen Wertachtal und Bronnen

(Hermann Weinig)

Vom Wertachtal zweigt zwischen Schlingen und Türkheim ein mehrere Kilometer breites Niederterrassenfeld ab und geht bei Unterrammingen in das Tal der Flossach über. Die Niederterrasse erhebt sich im Süden noch mehr als 10 m über den Talboden der Wertach und gleicht sich diesem bis Türkheim weitgehend an. Niederterrasse und Flossachtal sind morphologisch nicht voneinander getrennt.

Die Mächtigkeiten der Niederterrasse dürften im Süden bis zu 15 m, vielleicht sogar darüber betragen, wovon zumindest in der östlichen Terrassenhälfte der weitaus größte Teil über dem Grundwasser liegt. Nach Norden fallen die Schottermächtigkeiten auf etwa 10–12 m bei Türkheim, im Verlauf des Flossachtales auf deutlich unter 10 m ab. Das noch im Gebiet des Bahnhofs Türkheim 10 m unter Flur stehende Grundwasser nähert sich gegen Westen im Bereich der Wörthbach-Senke, vor allem aber bis zum Flossachtal der Geländeoberfläche, was dort durch anmoorige Gebiete verdeutlicht wird.

Die Schotter der Niederterrasse stellen schwach feinkiesige, schwach sandige Mittel- und Grobkiese dar, deren Schlämmkorn bei etwa 5% liegt. Es liegen sonst bereits gut aufbereitete, jedoch insgesamt noch grobe Schotter fast vollständig kalkalpiner Herkunft in unverwittertem Zustand unverfestigt vor.

Die Niederterrasse zwischen Bad Wörishofen und Türkheim stellt ein ausgedehntes Schotterfeld dar, das – zwischen den Verbrauchszentren Kaufbeuren – Mindelheim – Buchloe an einem Verkehrsknotenpunkt gelegen – große Bedeutung als Rohstoffbasis hat. Das Material wird in allen Bereichen des Hoch- und Tiefbaus, zur Herstellung von Betonteilen aller Art und im Straßenbau verwendet.

Der derzeitige Abbau konzentriert sich in mehreren großen Gruben um den Bahnhof Türkheim. Die Kiesgewinnung bewegt sich hier etwa im Grenzbereich zwischen notwendigem und verzichtbarem Naßabbau. Aber auch weiter nördlich, z.B. zwischen Unterammingen und Türkheim, liegen mehrere Gruben verstreut. Noch wenig vom Abbau betroffen ist dagegen die südliche Terrassenhälfte zwischen Bahnhof Türkheim und Schlingen. Gerade hier könnte jedoch, etwa zwischen Schlingen und Stockheim, Trockenabbau ausreichend mächtiger Kiese betrieben werden. In Anbetracht dieser günstigen Gewinnungsmöglichkeiten dürfte das Flossachtal keine vergleichbare Alternative darstellen, da hier geringere Kiesmächtigkeiten mit hohen Grundwasserständen vorliegen.

Mindeltal zwischen Bronnen und Donau

(HERMANN WEINIG)

Nach der Vereinigung der Abflußrinnen von oberem Mindeltal und Flossachtal setzt sich das Tal der Mindel als ebene, zunächst 3–4 km breite Talaue bis zur Mündung in die Donau fort. Die Niederterrassenschotter werden dabei von nacheiszeitlichen Kiesen und Sanden überdeckt, ohne daß aus praktischer Sicht eine Trennung vorzunehmen wäre.

Die Schottermächtigkeiten betragen im Raum Bronnen noch bis zu 8 m und nehmen im weiteren Talverlauf bis zur Donaumündung auf etwa 5 m ab. Die vollständig im Grundwasserbereich liegenden Schotter sind gebietsweise, vor allem zwischen Hasberg und Mindelzell sowie zwischen Schönenberg – Burgau – Mindelaltheim von Anmoor bzw. im allgemeinen nur geringmächtiger Auenlehmauflage bedeckt.

Die sandigen Mittel- und Grobkiese besitzen durchweg gute Baustoffqualität.

Die Kiese und Sande dieses Talabschnitts werden an vielen Stellen genutzt, wobei sich die Schwerpunkte ihrer Gewinnung in der Umgebung von Thannhausen sowie auf den Raum zwischen Jettingen und Burtenbach konzentrieren. Ein weiteres großes Abbaugebiet befindet sich östlich Bronnen. Jedoch sind über den gesamten Talbereich, ausgenommen die moorigen Gebiete, auch Gruben geringeren Umfangs verstreut. Dies entspricht den über den Talverlauf und in seiner Umgebung verteilten kleinen und mittleren Verbrauchszentren, die das Material des Mindeltales in allen Bereichen des modernen Betonbaus einsetzen bzw. auf diese Schotter, da nahegelegen, angewiesen sind.

Das Mindeltal besitzt, da die Siedlungen zumeist randlich angelegt sind, noch weite, für die Kiesgewinnung geeignete Freiflächen, d.h. es dürften bei Interessenüberlagerungen verhältnismäßig leicht Alternativstandorte zu finden sein. Dennoch sollte die sich im Bereich des Mindeltales herausbildende Konzentrierung des Kiesabbaus fortgeführt, neue Abbaue dagegen vornehmlich an bestehende Gruben angeschlossen werden. Die nahe unter Flur anzutreffenden Grundwasserstände erfordern bereichsweise eine sorgfältige Planung des Grubenumfangs.

Einzugsgebiet der Wertach

Talgebiet der Kirnach

(Ulrich Lagally)

Die Kirnach – westlicher Hauptzufluß der Wertach innerhalb des Jungmoränenbereiches – entspringt im Kemptener Wald westlich von Görisried, verläuft ungefähr parallel zur Wertach und mündet bei Ebenhofen in diese. Im Raum Unterthingau – Aitrang weitet sich das bis dahin in Jungmoränen verlaufende enge Flußtal bis auf ca. 3 km Breite, verengt sich am Etten-Berg nochmals auf wenige hundert Meter und geht bei Ruderatshofen in die Wertach-begleitenden spätglazialen Terrassenflächen über. Zwischen Unterthingau und der Mündung ist das Tal mit spät- bis nachwürmeiszeitlichen Schottern aufgefüllt, die eine morphologisch wenig gegliederte Verebnungsfläche bilden. Sie sind vor allem oberhalb von Aitrang oft von nacheiszeitlichen Bildungen (Talböden, Moore etc.) wechselnder Mächtigkeit überlagert, so daß sie – auch bedingt durch z.T. hohe Grundwasserstände – in größerem Maßstab bislang noch nicht wirtschaftlich genutzt wurden.

Talgebiet der Wertach südlich Kaufbeuren

(Ulrich Lagally)

Nur zwischen Wertach und Nesselwang sowie unterhalb Eichelschwang bei Oberthingau fließt die Wertach innerhalb des Jungmoränenbereiches in einem weiten Tal, das durchschnittlich 0,5 km, mitunter, wie z.B. bei Marktoberdorf und Kaufbeuren, bis zu 3 km breit ist. Sonst folgt sie einem in Molasseablagerungen eingeschnittenen, überwiegend engen Tal. Erst im sog. Marktoberdorfer Becken kam es zur Ablagerung bedeutender Kiesvorkommen, die auch langfristig von wirtschaftlichem Interesse sind. Etwaige nutzbare Vorkommen oberhalb Nesselwang wurden durch den Stau des Grüntensees überflutet und sind daher nur mehr schwer zugänglich.

Entlang des Wertachtales zwischen Oberthingau und Kaufbeuren sind stellenweise Terrassenstufen ausgebildet, die Höhen bis zu 10 m erreichen; sie repräsentieren verschiedene Stadien des spätglazialen Marktoberdorfer Sees. Bei Geisenried liegt die oberste Terrasse ca. 20 m über der Wertach. Die Gesamtmächtigkeiten der spätglazialen Ablagerungen übersteigen oft 20 m, stellenweise, wie z.B. bei Ebenhausen, sind sie von älteren Kiesen unterlagert.

In den flußbegleitenden Terrassen liegt der Grundwasserspiegel normalerweise auf demselben Niveau wie der Vorfluter. Zu den Talflanken hin steigt er an, doch liegt er z.B. bei Geisenried noch immer ca. 12 m unter Flur.

Die Überdeckung der Schotter ist gering. Neben normalen Bodenbildungen finden sich gelegentlich auch geringmächtige lehmige Aufschwemmungen und anmooriges Gelände.

Ausbildung und Eigenschaften: Die Schotter entlang der Wertach innerhalb des Endmoränenbereiches sind überwiegend unsortierte, vorwiegend mittelsandige Fein- bis Grobkiese, die meist lagig abgesetzt wurden. Neben stärker schluffigen Lagen und Linsen finden sich auch geringmächtige, kiesdurchsetzte Schlufflagen. In den oberen Partien tritt oft ein Grobschotter auf, dem viele Blöcke und Steine eingelagert sind. Das Material besteht überwiegend aus harten, frischen Kalksteingeröllen; Mergel- und Sandsteine treten mengenmäßig sehr in den Hintergrund.

Gewinnung und Verwendung: Neben einer Anzahl kleinerer Gewinnungsstellen zwischen Engratsried und Kaufbeuren, die meist nur den lokalen Bedarf an Bau- oder Straßenbaumaterial deckten, stehen derzeit zwei größere Gruben, die spätglaziale Schotter abbauen, in Betrieb. Sie liegen südwestlich von Marktoberdorf bei Geisenried und Thalhofen. Die Gewinnung erfolgt bis 12–14 m als Trockenabbau, bei Geisenried darunter auch als Naßabbau. Das Material wird als Baurohstoff, Frostschutzkies sowie zur Herstellung von Betonfertigteilen und Bitumenprodukten verwendet. Es wird vornehmlich im Raum Marktoberdorf – Kaufbeuren abgesetzt.

Talgebiet der Geltnach

(Ulrich Lagally)

Die Geltnach, der östliche Nebenfluß der Wertach innerhalb des Jungmoränenbereiches, entspringt wenige Kilometer westlich von Roßhaupten und verläuft von dort im Molassehügelland, das durch Gletschereis stark überprägt und von Grundmoräne überzogen ist, nach Norden. Vom Zusammenfluß mit der Schmutter südwestlich von Stötten ab bildet sie ein ca. 1 km breites Tal, das zwischen Bertoldshofen und Altdorf in die Schotterflächen übergeht, die im Bereich des spätglazialen Marktoberdorfer Sees gebildet worden sind.

Über seine gesamte Länge ist dieser Talbereich mit spät-, vor allem aber postglazialen Ablagerungen gefüllt. Besonders südlich von Bertoldshofen herrschen dabei holozäne Talfüllungen und Moorbildungen vor, die eine wirtschaftliche Nutzung unterlagernder Kiesvorkommen derzeit ausschließen. Zwischen Bertoldshofen und der Wertach ist die Überlagerung geringer, doch ist aufgrund der geringen Höhenlage des gesamten Talbereiches über den Vorflutern Geltnach und Wertach ein hoher Grundwasserstand zu erwarten. Daher bestehen für diese Flächen bisher keine Abbaupläne der kiesgewinnenden Industrie.

Wertach- und Gennachtal zwischen Kaufbeuren, Thalhofen und Schwabmünchen

(Ulrich Lagally)

Der größte Teil des Gebietes, das Wertach und Gennach zwischen ihrem Austritt aus dem Jungmoränengebiet und Schwabmünchen einschließen, wird von Niederterrassenschottern aufgebaut. Das „Neugablonzer Schotterfeld" setzt am

Außenrand der Würm-Endmoränen bei Kaufbeuren – Neugablonz an und zieht sich parallel zur Wertach bis über Buchloe hinaus nach Norden. Es ist zwischen Rieden und Amberg von der tieferliegenden Wertachaue durch einen Streifen älterer Glazialablagerungen getrennt. Ähnliche Altmoränen gliedern das Niederterrassenfeld der Gennach zwischen Mauerstetten und Eurishofen. Bei Jengen vereinigen sich die würmeiszeitlichen Schotterfluren zu einer Fläche. Westlich der Wertachaue zwischen Pforzen und Türkheim liegt ebenfalls eine Niederterrasse, die den bereits oben genannten „Überläufer" in das Mindeltal darstellt (s.S. 348).

Die Niederterrassenfelder sind morphologisch wenig gegliedert; überwiegend bilden sie eine flach nach Norden geneigte Ebene. Nur zwischen Neugablonz und Rieden ist eine deutliche Terrassenstufe von ca. 5 m Sprunghöhe ausgebildet, die sich, wenn auch weniger deutlich entwickelt, westlich der Wertach wiederfindet. Durch zahlreiche kleine Erosionsterrassen ist die Wertachaue von der Niederterrasse abgesetzt.

Die würmglazialen Schotterfluren nördlich von Kaufbeuren haben eine durchschnittliche Breite von 5–7 km; stellenweise, wie z.B. im Raum Bad Wörishofen – Türkheim – Buchloe, erreichen sie bedeutend größere Ausdehnung, sind aber durch die Wertach und durch Altmoränen in Einzelflächen gegliedert. Die Schotter der Gennach füllen bei Eurishofen ein nur ca. 0,5 km breites Tal, das sich jedoch nach Süden hin bis auf max. 3 km weitet.

Naturgemäß nimmt die Mächtigkeit der Niederterrassenschotter von ihrer Wurzelzone an den Endmoränen nach Norden zu rasch ab. Während bei Neugablonz noch weit über 20 m mächtige Kiese angetroffen werden, erreichen sie nördlich von Buchloe kaum noch 10 m.

Auch die Flurabstände des Grundwassers nehmen in der Niederterrasse nach Norden schnell ab. Bei Neugablonz betragen sie z.T. 23 m, bei Dösingen an der Gennach ca. 20 m; westlich von Buchloe steht Grundwasser ca. 3,5 m unter Flur an, nördlich von Buchloe tritt es fast an die Oberfläche. Dort kam es zu flächiger Ausbildung von Sinterkalken, welche die Kiesvorkommen überlagern. Zwischen Ettringen und Schwabmünchen finden sich neben holozänen Talfüllungen, die auch in der gesamten Wertachaue abgelagert sind, stellenweise Niedermoore.

Ausbildung und Eigenschaften: Die Niederterrassen der Wertach und Gennach sind überwiegend aus schlecht sortierten Karbonatschottern aufgebaut. Im Süden in Moränennähe herrscht ein lehmig-schluffiger Fein- bis Grobkies vor, dessen frische, überwiegend kalkige Komponenten z.T. nur mäßigen Rundungsgrad aufweisen. Der hohe Schluffanteil vermindert stellenweise die Qualität des Rohmaterials, so daß es aufbereitet werden muß. Die Schotterkörper sind überwiegend lagig-linsig aufgebaut und führen neben Kieslagen unterschiedlicher Korngröße auch sandig-schluffige Einschaltungen; stellenweise werden dünne Nagelfluhbänke angetroffen.

Nach Norden zu nimmt der Anteil der tonig-schluffigen Fraktion ab; die lagigen Schotter sind sauber und als mittelsandige Fein- bis Grobschotter anzusprechen. Als Gerölle finden sich fast ausnahmslos Karbonatgesteine. Die Qualität des Materials ist sehr gut.

Gewinnung und Verwendung: Kiesabbaustellen in Niederterrassenfeldern der Wertach und Gennach finden sich derzeit konzentriert im Raum Pforzen – Neugablonz – Germaringen, daneben bei Blonhofen und Dösingen, bei Buchloe und nördlich von Amberg. In den südlichen Teilen wird vorwiegend Trockenabbau mit Wandhöhen bis ca. 20 m durchgeführt; nur selten wird das Grundwasser freigelegt. Im Bereich von Buchloe und weiter nach Norden wird, wo die holozäne Überdeckung nicht eine Gewinnung gänzlich ausschließt, kombinierter Trocken-/Naßabbau betrieben.

Sand und Kies aus den Niederterrassen sind ein gefragter Baurohstoff im Großraum Kaufbeuren – Bad Wörishofen – Buchloe. Neben der Verwendung von Grubenmaterial zu Schüttzwecken im Straßen- und Wegebau findet er in aufbereiteter Form Verwendung als Frostschutzkies, Zuschlag für bituminöse Fahrbahnbefestigungen und zur Herstellung von Betonfertigteilen, daneben als Bausand und Transportbetonzuschlag.

Begünstigt durch die großen Vorkommen haben sich Abbaue nahe beim Verbraucher angesiedelt, sodaß keine großen Transportweiten zu bewältigen sind. Konflikte mit der Wasserwirtschaft treten vor allem dort auf, wo wegen hoher Grundwasserstände Naßbaggerungen notwendig sind. Dort würde sich, zumindest bereichsweise, eine Verlagerung der Gewinnungsstellen in ältere, überwiegend trockene Schotterkomplexe anbieten.

Wertachtal zwischen Schwabmünchen und Augsburg

(Hermann Weinig)

Nördlich von Schwabmünchen verengt sich die weite Schmelzwasserrinne der Wertach zu einem 2–4 km breiten, nur schwach reliefierten Talschlauch, der bis ins Stadtgebiet Augsburg führt. Allein die flußbegleitende Auenstufe, die sich meist deutlich abgrenzen läßt, hebt sich durch lebhaftere Oberflächenformen von der umgebenden älteren Talaue ab.

Die Schotter der Wertachtalaue stellen im tieferen Teil Aufschüttungen der Würmeiszeit dar, nach oben hin folgen postglazial umgelagerte Kiese und Sande. Auf diesen mehrfachen Wechsel von Erosion und Akkumulation ist ein stärkerer Wechsel im Kies/Sand-Verhältnis der Schotter zurückzuführen.

Die quartäre Talfüllung liegt einem unregelmäßig welligen Tertiärrelief auf, weshalb Mächtigkeitsschwankungen von 4–10 m auftreten können. Am häufigsten werden in diesem Talabschnitt jedoch Mächtigkeiten von nur 4–5 m angetroffen.

Die Kiese des Wertachtales sind von lehmigen bis sandigen, im Höchstfall 2 m mächtigen Auesedimenten bedeckt. Stellenweise, so am Westrand des Tales, treten auch Torfbildungen auf, die in weiter verbreitetes Anmoor übergehen.

Das Grundwasser erfüllt die Schotter bis in Flurnähe, allerdings ergeben sich in Wertachnähe durch mehrere Staustufen gewisse Verzerrungen der Grundwasseroberfläche.

Der Talbereich der Wertach zwischen Schwabmünchen und Augsburg ist für großangelegte Kiesgewinnung, wie sie heute aus landesplanerischer und lagerstättenkundlicher Sicht angestrebt wird, wegen wechselhafter Ausbildung des Schotterkörpers, vor allem aber wegen seiner schwankenden, meist geringen Mächtigkeiten wenig geeignet. Die nahegelegenen Schottervorkommen des oberen Wertachgebietes wie auch des Lechtales bieten wesentlich bessere Gewinnungsmöglichkeiten.

Einzugsgebiet des Lech

Lechtal zwischen Füssen und Hohenfurch

(Ulrich Lagally)

Der Lech verläuft im Verbreitungsgebiet des würmeiszeitlichen Lechgletschers zwischen Füssen und Hohenfurch überwiegend in einem tief eingeschnittenen Tal. Dabei wurden neben Grund- und Rückzugsmoränen vor allem Molassegesteine, im Süden auch Flyschgesteine angeschnitten. Nur nördlich von Füssen, bei Prem und in geringem Maße bei Schongau finden sich flußbegleitend Verebnungsflächen, die nacheiszeitliche Aufschüttungen darstellen. Diese Flächen, die bei Füssen – Schwangau ein weites Areal von ca. 4 mal 8 km einnehmen, sonst aber nur bis 0,5 km breit werden, sind für die Kiesgewinnung von nur untergeordneter Bedeutung. Meist kommen zu den geringen Dimensionen als weitere negative Faktoren relativ hohe Grundwasserstände und, wie in der Füssener Bucht, Seeton- und Niedermoor-Überlagerungen hinzu. Lediglich vereinzelt wurden sie daher für den lokalen Bedarf abgebaut.

Weit bedeutender sind die spätglazialen Schotterterrassen und -flächen, die sich beim Abschmelzen des Gletschers zwischen Gletscherstirn und den Endmoränenwällen gebildet haben. Hier sind vor allem die Bereiche südlich von Peiting sowie nördlich und westlich von Schongau zu erwähnen.

Das Schotterfeld bei Peiting erstreckt sich in Nord-Süd-Richtung über ca. 7 km von Hausen bis Kellershof. Die durchschnittliche Breite beträgt ca. 1 km, es kann sich aber bis auf 3 km weiten. Die Kiese erreichen Mächtigkeiten von mindestens 12 bis 15 m, von denen der größte Teil über dem Grundwasserspiegel liegt. Die nur geringfügig morphologisch gegliederte Schotterflur trägt eine dünne Bodenüberdeckung.

Westlich des Lechs liegt im Raum Schongau – Altenstadt – Hohenfurch das durch verschiedene Terrassen reich gegliederte Ablagerungsbecken spätglazialer Sedimente. Verschiedene Erosionsniveaus sind durch eine Anzahl unterschiedlicher Terrassenstufen, die Sprunghöhen von 5 bis 10 m besitzen, dokumentiert. Nach Süden nehmen Anzahl und Höhe der Terrassen ab, das Gelände verebnet sich, und die Schotter finden sich vornehmlich als Füllung von wenigen 100 m breiten Schmelzwasserrinnen. Die einzelnen Teilbecken und Abflußrinnen werden im allgemeinen 2 bis 3 km breit. Die Mächtigkeit der Kiese schwankt zwischen 5 und 25 m, stellenweise werden jedoch 30 m und mehr erreicht. Der Grundwasserspiegel liegt meist weit unter Flur; bei Altenstadt wurde er ca. 40 m unter Gelände

festgestellt, jedoch sind aufgrund unbekannter Ausmaße von undurchlässigen Zwischenlagen diese Angaben ohne weitere Untersuchungen nur lokal sehr begrenzt gültig. Als unbrauchbare Überdeckung sind geringmächtige Bodenbildungen entwickelt.

Neben diesen Schotterfluren finden sich noch vereinzelt ähnlich ausgebildete, jedoch meist gering dimensionierte spätglaziale Kiesvorkommen, die nur von lokaler Bedeutung sind. Sie liegen bei Trauchgau, Roßhaupten und Steingaden.

Für den Füssener Raum von besonderer Bedeutung sind die postglazialen bis rezenten Kiesvorkommen im Südteil des Forggensees. Sie stellen ein nahezu unerschöpfliches Rohstoffreservoir dar, das ohne störende Eingriffe in die Landschaft genutzt werden kann.

Ausbildung und Eigenschaften: Bei den spätglazialen Abschmelzschottern handelt es sich um schlecht sortierte, sandige Fein- bis Grobkiese mit Steinen und vereinzelten groben Blöcken. Sie sind meist schichtig aufgebaut, zeigen Einschaltungen von sandig-schluffigen Lagen und Linsen, selten auch von lehmigen Horizonten. Deltaschichtung ist zu beobachten. Einzelne, unzusammenhängende Partien sind zu Nagelfluh verfestigt. Die Gerölle sind überwiegend frisch und hart; untergeordnet treten auch weichere, sandige und mergelige Gesteine auf. Die Hauptmasse machen kalkalpine Komponenten aus, Kristallin findet sich seltener, wobei dessen Anteil aber im Bereich des Ammerseegletschers ca. 5% höher als im Lechgletschergebiet ist.

Gewinnung und Verwendung: Das Hauptinteresse der Kiesgewinnung im Bereich der Jungmoränen des Lechgletschers konzentriert sich auf den Raum Schongau – Peiting – Altenstadt, wo nur gering überdeckte spätglaziale Sande und Kiese im Trocken-, z.T. auch Naßabbau an 6 Abbaustellen gewonnen werden. Sie finden Verwendung im Haus- und Straßenbau, als Zuschlag für Transportbeton und Fahrbahnbeläge sowie bei der Herstellung von Betonteilen. Kleinere Gruben, die zeitweise den lokalen Bedarf decken, finden sich bei Burggen, Bernbeuren, Steingaden, Prem, Trauchgau und Roßhaupten. Bei Füssen wird Kies zur Versorgung der Bauindustrie aus dem südlichen Teil des Forggensees entnommen. Den nördlichen Vorkommen kommt angesichts der wenigen Gebiete mit hochqualitativen Baukiesen im oberen Lechtal besondere wirtschaftliche Bedeutung zu.

Lechtal zwischen Kinsau und Landsberg

(Ulrich Lagally)

Knapp südlich von Kinsau liegt die Wurzelzone der Lech-Niederterrassen, welche sich über Landsberg bis nördlich von Augsburg erstrecken. Sie sind vor allem westlich des Flusses verbreitet und nehmen einen 2,5–3 km, bei Asch und im Raum Landsberg über 5 km breiten Streifen ein. Östlich des Lech sind sie im Bereich Schwifting – Penzing über 2 km breit. Sie bilden mehrere Erosionsniveaus mit Sprunghöhen von mehreren Metern, z.T. auch mehreren Zehner-Metern und sind deutlich gegen die tieferen Talstufen abgegrenzt. Bei Kinsau beträgt der Höhenunterschied zwischen der obersten Niederterrasse und dem Flußbett mehr

als 70 m, bei Landsberg sind es noch 24 m. Stellenweise ist der Tertiärsockel, auf den im südlichen Abschnitt ca. 50 m quartäre Sande und Kiese geschüttet wurden, vom Flußlauf angeschnitten. Im Raum Landsberg beträgt die Mächtigkeit der Niederterrassenschotter noch ca. 20–35 m. Grundwasser findet sich knapp nördlich der Endmoränen bei Kinsau an der Basis der Schotterkörper ca. 40 m unter Flur und steigt nach Norden an. Westlich von Landsberg steht es 10–12 m, bei Igling und Penzing sogar nur 3 bis 5 m unter Gelände an. Die würmeiszeitlichen Ablagerungen tragen nur eine ca. 0,5 m mächtige Verwitterungsdecke; in der Nähe der älteren Glazialabsätze können stellenweise mächtigere lehmige Auflagen auftreten.

Auch im westlichen Jungmoränenbereich des Ammerseegletschers zwischen Reichling und Schöffelding finden sich stellenweise Schotter, die in Schmelzwasserrinnen abgelagert sind. Sie haben meist nur Ausdehnungen von wenigen hundert Metern und geringe Mächtigkeiten. Die wichtigsten liegen im Gebiet Reichling, Pflugdorf, Lengenfeld und Pürgen.

Ausbildung und Eigenschaften: Wie die spätglazialen Schotter des Jungmoränenbereiches sind auch die Niederterrassenschotter von sehr guter Qualität. Es herrschen fein- bis mittelsandige Vollschotter vor; sie sind im allgemeinen schlecht sortiert, zeigen aber bereichsweise lagigen Aufbau mit gutsortierten Riesel- und Sandlagen und -linsen; zum Teil sind sie schluffreich bis feinsandig, führen jedoch vereinzelt auch grobblockiges Material. Die Gerölle sind überwiegend kalkalpiner Herkunft; der Kristallinanteil beträgt ca. 2%, östlich des Lech kann er im Vorfeld des Ammerseegletschers auf mehr als 5% ansteigen. Meist sind die Einzelkomponenten frisch und hart, metamorphe Gesteine und Dolomite zeigen manchmal Verwitterungserscheinungen.

Gewinnung und Verwendung: Neben einer Vielzahl kleiner Entnahmestellen, die gelegentlich, meist nur für den örtlichen Bedarf, betrieben werden, stehen einige größere Gruben, besonders in der Nähe größerer Siedlungen in Abbau. Bevorzugt sind die Standorte westlich von Landsberg, die vor allem den Bedarf an Baukies und Sand, daneben auch an Rohstoffen zur Herstellung von Transportbeton, Betonfertigteilen und Bitumenkies decken. Weitere Abbaustellen liegen bei Schwifting und Penzing sowie südlich von Landsberg bei Ellighofen, Unterdießen, Asch und Denklingen. In den Schmelzwasserrinnen des westlichen Ammerseegletschers befinden sich mehrere Abbaustellen, die den Bereich zwischen Lech und Ammersee versorgen. Sie liegen bei Reichling, Ludenhausen, Issing, Hagenheim und Pürgen.

Lechtal zwischen Landsberg und Augsburg

(Hermann Weinig)

Das Lechtal ist bei Landsberg noch stark durch Terrassenstufen gegliedert. Von der hochglazialen Niederterrasse führt eine mehrstufige, im Spät- und Postglazial angelegte Terrassentreppe mit nur geringmächtiger Auflage neu akkumulierter Schotter zur 20 m tieferliegenden jüngsten Lechaue hinunter. Talabwärts

konvergieren diese Terrassen rasch: Bei Klosterlechfeld beträgt der Höhenunterschied zwischen höchstem und tiefstem Schotterfeld noch 10 m, im Raum Prittriching sind die Geländeunterschiede weitgehend ausgeglichen. Allein die Niederterrasse setzt sich noch mit einem bis zu 3 m hohen Geländeanstieg bis Haunstetten (Haunstetter Niederterrasse) fort, während sich die jüngste Auenstufe des Lech in der Meringer Au dem Niveau der älteren Talaue angleicht.

Die Mächtigkeiten der Niederterrasse betragen bei Landsberg über welligem Tertiärrelief noch durchschnittlich 25 m, nehmen bis zum Raum Klosterlechfeld auf etwa 15 m ab, um dann bald in Mächtigkeiten von 9–13 m überzugehen. Die jüngeren Schotterstufen weisen je nach ihrer tieferen Lage entsprechend geringere Mächtigkeiten auf. Im Süden, zwischen Landsberg und Kaufering, sind im Bereich der jüngsten, flußnahen Terrassenstufen nur wenige Meter Schotterauflage nachgewiesen. Dieser Befund hält vermutlich bis in den Raum Klosterlechfeld an. Von hier dürften sich die Schottermächtigkeiten der gesamten Talaue bis zur Niederterrassenkante auf ähnliche Werte, etwa zwischen 8 und 12 m, angleichen. Die höheren Mächtigkeiten sind dabei in Talmitte zu vermuten.

Das Grundwasser erfüllt die Niederterrassenschotter im Süden etwa bis zur Hälfte. Im Westen der Niederterrasse steht es höher, im Osten etwas tiefer. Die mittleren Flurabstände bei Landsberg betragen 10–12 m. Sie nehmen nach Norden rasch ab und bewegen sich ab Klosterlechfeld etwa bei 3–5 m, weiter talabwärts nur noch 2–3 m unter Flur. Flurnahe Grundwasserstände sind im Bereich aller jüngeren Terrassenflächen etwa nördlich Kaufering bis nach Augsburg anzutreffen. Die Mächtigkeiten der Decksedimente sind im Vergleich zu den Schottermächtigkeiten im Süden als unerheblich, in der Nähe von Augsburg noch als gering anzusehen.

Ausbildung und Eigenschaften: Die gut geschichteten Niederterrassenschotter bestehen aus schwach sandigen, steinigen Mittel- und Grobkiesen, zeigen also noch den für Moränennähe typischen Grobschottercharakter. Allerdings besitzen die Schotter bereits einen guten Rundungsgrad. Verfestigungen können in den unteren Lagen in Talnähe auftreten. Die oberen, über dem Grundwasser liegenden Schotter sind locker gelagert.

Die fast 80% Kalke und Dolomite, daneben harte Sandsteine, Hornsteine und nur 2% Kristallin enthaltenden Schotter sind von instabilen Komponenten befreit und stellen Baurohstoffe guter Qualität dar. Der Mangel an Sand muß allerdings durch das Brechen der im Überschuß vorhandenen groben Körnung ausgeglichen werden.

Gewinnung und Verwendung: Der in diesem Talabschnitt betriebene Kiesabbau ist im wesentlichen auf einige größere Gruben konzentriert. Der Abbau wird damit in landschaftsschonender, die Lagerstätte gut ausnutzender Weise vorgenommen.

Die Gruben liegen westlich Landsberg, westlich Kaufering, südlich Klosterlechfeld, 3 Abbaue in der östlichen Umgebung von Oberottmarshausen sowie östlich Königsbrunn. Größere Gruben bestehen auch im Raum zwischen Neukissing und Friedberg.

Die Gebiete künftigen Kiesabbaus sind durch die bestehenden Gruben im wesentlichen vorgegeben. Als Alternative zu dem nördlich Kaufering notwendigerweise in das Grundwasser eingreifenden Kiesabbau im Bereich von Niederterrasse und nacheiszeitlicher Talaue bietet sich in gewissem Umfang Trockenabbau auf der Hochterrasse an.

Lechtal zwischen Augsburg und Donautal

(Hermann Weinig)

Das Lechtal setzt sich unterhalb Augsburg als morphologisch nahezu ungegliederte, 6–8 km breite Talaue bis zur Einmündung in das Donautal fort. Lediglich die waldbestandene Auenstufe fällt beiderseits des Lech durch ein lebhafteres Relief alter Flußmäander auf. Leicht eingemuldet ist die nahe dem westlichen Talrand mäandrierende Schmutter. Zwischen Schmutter und Lech zeichnet sich im Bereich einer Linie zwischen Herbertshofen und Ellgau ein flacher Geländerücken ab.

Die Mächtigkeiten der Lechtalschotter bewegen sich in der Regel zwischen 8 und 10 (–12) m. Erfahrungsgemäß sind die höheren Werte eher in Talmitte zu erwarten. Sicherlich ist auch im Lechtal mit gewissen Reliefunterschieden der tertiären Sohle zu rechnen. Jedoch fehlen bisher Kenntnisse, die eine Abgrenzung verschieden mächtiger Talstriche zuließen.

Die in der Regel – abgesehen von dem o.g. flachen Geländerücken – bis in Flurnähe von Grundwasser erfüllten Talschotter tragen die übliche 0–2 m mächtige Auelehmdecke. Im Talbereich der Schmutter wie auch südlich Eggelstetten tritt zusätzlich Vermoorung auf.

Ausbildung und Eigenschaften: Die Füllung des Lechtales besteht aus Niederterrassenschotter, der in unterschiedlicher Mächtigkeit von holozänen Schottern überlagert ist. Beide Schüttungen unterscheiden sich bisweilen durch etwas höhere Feinkornanteile (Sandgehalte, teils auch zwischengelagerte Sand- oder Schlufflinsen), die im Hangenden anzutreffen sind. Oft ist aber eine Trennung beider Lagen nicht möglich. Insgesamt handelt es sich um sandige Fein-, Mittel- und Grobkiese. Die gute Abstufung des Korngemisches bei reichlichem Sandgehalt macht es zu einem idealen Ausgangsrohstoff für die Bauindustrie.

Gewinnung und Verwendung: Das Lechtal zwischen Augsburg und Donau bildet vor allem für zwei größere Verbrauchszentren die Rohstoffbasis. Entsprechend sind die Gewinnungsstellen orientiert, die regelmäßig mit der Schaffung von Baggerseen verbunden sind: In den Einzugsbereich von Augsburg fallen die Kiesgruben bei Derching und Mühlhausen. Etwas weiter entfernt liegt bereits das größere Gewinnungsgebiet westlich Todtenweis. Erst im Lechmündungsgebiet werden wiederum verstärkt Kiese gewonnen, die vor allem nördlich der Donau abgesetzt werden. Die gesamte dazwischen liegende Lechaue ist von Kiesgewinnung dagegen weitgehend unberührt. Diese weiten Freiräume bieten

sich dann als Ausweichmöglichkeit an, wenn im Bereich der heutigen Abbauschwerpunkte die Verknappung der zum Abbau freigegebenen Flächen fortschreitet, was sich z.T. bereits abzeichnet. Allerdings stehen als Alternative auch die verbrauchernah gelegenen Hochterrassen um Augsburg und bei Rain (s. dort) zur Diskussion.

Einzugsgebiet der Isar

Gebiet südlich von Ammersee und Starnberger See

(Ulrich Lagally)

Der Südteil des Verbreitungsgebietes des würmeiszeitlichen Isar-Loisachgletschers ist westlich der Loisach relativ arm an nutzbaren, spät- und postglazialen Schottern. Nur vereinzelt finden sich ausgedehnte Areale, in denen die mengenmäßigen Voraussetzungen für einen über den lokalen Bedarf hinausgehenden Abbau gegeben sind. Diese liegen zwischen Raisting, Weilheim und Marnbach, Sindelsdorf und Seeshaupt sowie bei Großweil. Kleinere Vorkommen, die nur geringe Flächen einnehmen, unter Umständen jedoch erhebliche Mächtigkeiten (bis über 20 m) erreichen können, sind vor allem in den Flußtälern des alpinen und voralpinen Bereiches aufgeschlossen. Sie sind teils während des Eisrückzuges, teils in der Nacheiszeit aufgeschottert worden. Die bekanntesten liegen bei Rottenbuch, Wildsteig, Schöffau, Oberammergau, Garmisch-Partenkirchen, Wallgau und westlich des Starnberger Sees bei Höhenried.

Im Gebiet südlich des Ammersees bis etwa zur B 472 wurden mit dem Freiwerden des Ammerseebeckens große Mengen an Lockersedimenten abgelagert. Während die zentralen Teile überwiegend mit Feinmaterial angefüllt sind, wurden vor allem in den randlichen Partien spätglaziale Abschmelzschotter aufgeschüttet, die durch spätere Erosion in einzelne Terrassen geringer Sprunghöhe gegliedert wurden. Diese Vorkommen, die meist in Moränen übergehen, erreichen Mächtigkeiten um ca. 20 m.

Im Bereich des Ammerlaufes wurden zwar stellenweise holozäne Schotter aufgeschüttet, jedoch sind gerade diese Teile des ehemaligen Sees mit mächtigen Deckschichten wie Auenlehm, Schluff, Seeton und Niedermooren überdeckt. Nur selten ist daher eine wirtschaftliche Nutzung dieser Kiese möglich. Zudem liegt der Grundwasserspiegel – bei Raisting 5 m, bei Wielenbach 10 m unter Flur – in diesen jüngsten Ablagerungen nahe an der Geländeoberfläche.

Bei den pleistozänen Schottern handelt es sich im allgemeinen um mittel- bis grobsandige Fein- bis Grobkiese. Der Schluffanteil liegt meist unter 5%. Die überwiegend sauberen Gerölle (Kalkalpin, untergeordnet Kristallin) sind vorwiegend horizontal abgelagert, stellenweise auch kreuzgeschichtet. Neben feinsandigen Lagen und Linsen geringer Mächtigkeit und Dimension finden sich auch bindige Einschaltungen.

Die Kiese werden vorwiegend im Trockenabbau gewonnen; nur bei Raisting wurde auch unterhalb des Grundwasserspiegels abgebaut. Die für den Raum Weilheim wichtigsten Gruben liegen bei Wielenbach und Unterhausen. Sie dienen vor allem der Beschaffung von Kies und Sand für den Hoch- und Tiefbau sowie für den Straßenbau.

Das Osterseengebiet und die südlich daran anschließenden Bereiche um Antdorf, Habach und Sindelsdorf bilden das größte zusammenhängende Vorkommen spätglazialer Schotter innerhalb der Jungmoränen zwischen Lech und Loisach. Der nördliche Teil zwischen Seeshaupt und Iffeldorf ist neben der Eggstätt-Hemhofer Seenplatte eine der eindrucksvollsten Eiszerfallslandschaften Bayerns. Im Randbereich der Toteislöcher sowie zwischen dem Südende des Starnberger Sees und Iffeldorf liegen typische spätglaziale Lockersedimente wie z.B. Kames, Oser, Eisrandterrassen und Schotterfluren, die besonders im Nahbereich der Seen mehr als 12 m mächtig werden können. Die tieferliegenden Schotterfluren weisen hohen Grundwasserstand auf und tragen daher oft eine Niedermoor-Bedeckung.

In das topographisch etwas höher liegende Gebiet zwischen Iffeldorf und Sindelsdorf wurden beim Rückzug des Gletschers spätglaziale Abschmelzschotter geschüttet. Sie füllen die ca. 1,5 km breite Schmelzwasserrinne bei Antdorf und ziehen als schmäler werdender Streifen bis fast nach Habach. Von dort erstrecken sie sich als ca. 1 km breite Verebnungsfläche bis in den Raum Sindelsdorf. Besonders zwischen Habach und Sindelsdorf sind Terrassenstufen ausgebildet, die Höhen von ca. 5 m haben.

Die Gesamtmächtigkeit dieser Schotterkomplexe beläuft sich, abhängig von der Morphologie des Untergrundes, auf über 12 m, der Grundwasserspiegel liegt meist mehr als 10 m unter Flur. An Überlagerung findet sich neben normaler Bodenbildung nur auf dem untersten Niveau südlich von Dürnhausen eine niedermoorähnliche Bedeckung.

Das Material ist von sehr guter Qualität. Es herrschen fein- bis mittelsandige Fein- bis Grobkiese mit Steinen und groben Blöcken vor. Tonig-schluffige Anteile treten nur untergeordnet auf, ebenso übergroße Findlinge. Die meist kantengerundeten Gerölle sind überwiegend frisch und hart; neben Kalkalpin finden sich auch Kristallin- und Molassegesteine. In den lagig-schichtig aufgebauten, unverfestigten Schotterkörpern wechseln sich Grobschotter mit feinsandigen Lagen und Linsen ab.

Aufgrund des meist tiefliegenden Grundwasserspiegels können die Sande und Kiese zwischen dem Starnberger See und Sindelsdorf fast immer im Trockenabbau gewonnen werden. Die Abbautiefen der Gruben bei Seeshaupt, Antdorf, Dürnhausen und Sindelsdorf liegen bei ca. 10 m. Das Material wird als Grubenmaterial für Straßenschüttzwecke verwendet. In aufbereiteter Form dient es als Betonzuschlag, Frostschutzkies, Bausand etc. Neben der Deckung des lokalen Bedarfes sind diese Vorkommen auch in regionaler Hinsicht von Bedeutung.

Von ähnlicher Entstehung wie die Eisrandterrassen bei Habach und Sindelsdorf sind die Schottervorkommen, die südlich der Loisach zwischen Ohlstadt und Schlehdorf liegen. Sie haben geringe flächenmäßige

Ausdehnung und erreichen Mächtigkeiten von 4 m bis 11 m; bei Großweil überlagern sie einen z.T. verfestigten, älteren Schotterkomplex. An der Loisach liegen sie in der Nähe von holozänen Talschottern, die ebenfalls – an der Loisachmündung in Schlehdorf ausschließlich – abgegraben werden.

Das Kiesmaterial, das in Zusammensetzung und Qualität den weiter nördlich gelegenen Vorkommen sehr ähnlich ist, wird zeitweise in zwei Gruben gewonnen. Es dient der örtlichen Versorgung mit Baurohstoffen sowie der Unterhaltung von Gemeindestraßen.

Schmelzwasserrinnen zwischen Ammersee und Starnberger See

(Ulrich Lagally)

Zwischen die Endmoränenwälle der Würmvereisung wurden durch Schmelzwässer große Mengen von Lockermaterial geschüttet, die in die Niederterrassen und Schotterfluren der Münchner Schotterebene übergehen. Sie finden sich in vorwiegend in nordöstlicher Richtung verlaufenden Rinnen. Die wichtigsten liegen im Bereich Herrsching – Pilsensee – Weßlinger See, Erling und Drößling, Seewiesen – Perchting – Unering sowie im Bereich Deixlfurter See – Traubing – Wieling – Maising. Sie sind meist nur bis zu 0,5 km breit, verbreitern sich aber stellenweise, wie z.B. bei Oberalting, Frieding und Aschering, bis auf 1 km. Wo sie Moränenwälle durchschneiden, verengen sie sich meist auf wenige 10er-Meter.

Die Mächtigkeit der Schotter ist sehr uneinheitlich, da sie vom Relief der unterlagernden Moränen abhängig ist. Im Durchschnitt werden im Zentrum der Rinnen Kieslagen von 10 m bis 15 m angetroffen, die von bindiger Moräne unterlagert werden. Die Höhe des Grundwasserspiegels ist ebenfalls von der Form der Abflußrinnen abhängig. Stellenweise reicht er bis nahe unter Flur, oft liegt er aber ca. 5 m tief. Nur in sumpfig-moorigen Gebieten kommen stärkere Deckschichten vor.

Das Füllmaterial der Schmelzwasserrinnen besteht aus typisch moränennahen Bildungen. Vorwiegend sind es schluffig-sandige Fein- bis Grobkiese mit Steinen, die überwiegend lagig abgesetzt sind. Sie sind meist unsortiert und führen schluffige Einschaltungen in Form von Lagen, Bändern und Linsen; auch findet sich häufig eine sandig-bindige Grundmasse zwischen den einzelnen, vorwiegend kantengerundeten Geröllkomponenten, die hauptsächlich kalkalpiner, aber auch zentralalpiner Herkunft sind. Sie sind meist frisch und hart, nur Dolomite sowie manche Sandsteine und Metamorphite können durch Verwitterungseinwirkungen mürbe sein. Nach Norden zu kommt es durch Auswaschung zu einer Reduzierung der lehmig-schluffigen Fraktion.

Kiesabbau wird in den Schmelzwassertälern nur an wenigen Stellen betrieben, da das Material oft ähnliche Qualität wie das der umgebenden Moränen aufweist, diese aber ohne Grundwasseraufschluß abgebaut werden können. Derzeit werden nur die Vorkommen bei Traubing – Wieling sowie östlich von Unering teils durch Naßbaggerung, teils im Trockenabbau abgegraben. Die gewonnenen Schotter werden für den Straßenbau oder nach entsprechender Aufbereitung als Betonzuschlag verwendet. Aufgrund der Vielzahl gleichwertiger Vorkommen kommt den Betrieben nur lokale Bedeutung zu.

Stand 2000

Talgebiet der Isar zwischen Lenggries und Schäftlarn

(Ulrich Lagally)

Im Talgebiet der Isar innerhalb des Jungmoränenbereiches kommen an verschiedenen Stellen spätglaziale Schotter vor, die z.T. von regionaler Bedeutung sind. Es sind dies der Bereich südlich und nördlich von Lenggries, das Gebiet südlich von Greiling und Reichersbeuren, die Schotterfluren beiderseits der Isar bei Bairawies, im Bereich Aschoiding sowie zwischen Königsdorf und Wolfratshausen. In der Flußaue finden sich auf der gesamten Strecke von Fleck bis Schäftlarn holozäne Talschotter, die 0,5 km bis 1 km, in der Pupplinger Au bei Wolfratshausen sogar bis zu 2 km breite Verebnungsflächen bilden.

Die spätglazialen Terrassen bei Lenggries liegen 15 m bis 20 m über dem Talniveau, sind mehrfach gestuft und steigen zu den Talrändern hin aufgrund zunehmender Überlagerung durch Schuttfächer an. Ihre durchschnittliche Breite beträgt 1 km. Von Arzbach nach Norden sind sie auf die östliche Talhälfte beschränkt und folgen dann dem ehemaligen Isarlauf östlich von Gaißach bis in den Raum von Reichersbeuren. Sie erreichen dort Mächtigkeiten von 50 m und mehr, können aber, besonders zur Talmitte zu, in feinklastische Sedimente wie Seetone usw. übergehen. Abgesehen von Hangschuttüberlagerung findet sich meist kein störender Abraum; östlich und südöstlich von Gaißach sind jedoch aufgrund der hier ausnahmsweise hohen Grundwasserstände Moorbildungen weit verbreitet.

Beiderseits der Isar bei Bairawies liegen die Ablagerungen des ehemaligen spätglazialen Rottacher Sees. Auch hier begleiten 1 km bis 2 km breite Terrassenflächen, die 15 m bis 20 m über dem holozänen Talboden liegen und mehrfach gestuft sind, den Fluß. Die Aufschüttungen weisen unter dem Talniveau noch beträchtliche Mächtigkeiten auf.

Die wichtigsten Kiesvorkommen des oberen Isartales liegen jedoch im Bereich des ehemaligen Wolfratshauser Sees. Das sich von Schäftlarn bis weit südlich von Beuerberg in das Königsdorfer Moor erstreckende Becken ist mit Delta- und Terrassenschottern gefüllt, die auf schluffig-tonigen Seeablagerungen liegen. Die meist 1,5 km bis 2 km breiten Schotterfluren werden bei Gelting 10–12 m, südlich von Geretsried 8–10 m und bei Aschoiding ebenfalls ca. 10 m mächtig und liegen, durch mehrere Terrassenstufen gegliedert, einige Meter über den holozänen Talschottern, die den Talboden der Isar bilden.

Das Grundwasser steht im allgemeinen in den nördlichen Partien der spätglazialen Schotterfluren ca. 4 m unter Flur an und nähert sich nach Süden stetig der Geländeoberkante. Bei Königsdorf, wo neben anmoorigem Gelände auch Hoch-, Übergangs- und Niedermoore sowie flächige Sinterkalkvorkommen die sonst nur geringe Bodenüberdeckung tragenden Schotter überlagern, tritt es fast bis an die Oberfläche. In den tiefergelegenen holozänen Schotterkörpern liegt der Grundwasserspiegel etwa im Niveau des Vorfluters.

Ausbildung und Eigenschaften: Die spätglazialen Delta- und Terrassenschotter und die postglazialen Talschotter des Isartales besitzen eine

petrographische Zusammensetzung, die dem der Würmmoränen sehr nahekommt. Es sind schlecht sortierte, sandige bis stark sandige Fein- bis Grobkiese, die einen hohen Anteil an Grobkies führen. Der Schluffgehalt wechselt häufig, ist jedoch generell gering. Die meist kantengerundeten, aber auch abgerollten, vorwiegend frischen Gerölle – meist Kalke und Dolomite, daneben auch Flysch- und Molasse- sowie kristalline Gesteine – sind lagig abgesetzt. Oft sind besonders in die Deltaschotter mittel- bis grobsandige Lagen eingeschaltet. Die postglazialen Terrassenschotter, die in den tiefergelegenen Stufen eine Abnahme der Korngröße erkennen lassen, tragen meist eine sandig-schluffige Flußmergelauflage, die bis zu 0,5 m Mächtigkeit erreicht.

Gewinnung und Verwendung: Im Isartal oberhalb von Schäftlarn befinden sich mehrere Kiesabbauzentren, die vorwiegend den Rohstoffbedarf der näheren Umgebung decken. Die Gebiete, in denen z.T. mehrere Betriebe tätig sind, liegen bei Greiling, zwischen Königsdorf und Geretsried, südöstlich von Gelting und nördlich von Puppling bei Wolfratshausen. Kleinere Abbaustellen, die nur von lokaler Bedeutung sind, finden sich am Walchensee, in der Jachenau, bei Reichersbeuren und östlich von Icking. Verwendung findet das Material im Straßen- und Wegebau, als Baurohstoff wie Mörtelsand, Betonzuschlag u.ä. sowie bei der Herstellung von Fahrbahnbelägen und Betonfertigteilen. Die Vorratslage an Sand und Kies in diesem Raum ist sehr gut, jedoch bestehen Konfliktsituationen mit landschafts- und naturschützerischen Interessen.

Schotterfluren zwischen Maisach und Amper

(Ulrich Lagally)

Nördlich des Ammersees setzen am Außenrand der Jungmoränen die Niederterrassenfelder der westlichen Münchner Schotterebene an. Sie sind teils mit den Endmoränen verknüpft, teils gehen sie aus Schmelzwasserrinnen hervor. Von den weiter östlich gelegenen Schotterfluren sind sie durch einen Altmoränenzug abgetrennt.

Zwischen Maisach und Amper sind im wesentlichen zwei Schotterfluren ausgebildet, die – durch einen Rißmoränenrücken getrennt – in nordöstlicher Richtung verlaufen. Sie entwickeln sich aus Schmelzwasserrinnen, welche nördlich von Kottgeisering und bei Wildenroth die Endmoränen durchschneiden. Im Durchschnitt sind sie 2 km bis 3 km breit, bei Fürstenfeldbruck sogar über 6 km. Nördlich von Malching gehen sie ineinander über und ziehen sich weiter als eine Schotterflur nach Nordosten in Richtung Dachau, wo sie in die Niederterrasse der Münchner Schotterebene übergehen. Ihre Oberfläche ist sanft nach Nordosten geneigt und mit Ausnahme der Talbereiche von Maisach und Amper nur wenig gegliedert. Stellenweise finden sich Erosionsterrassen geringer Sprunghöhe.

Wie im übrigen Teil der Münchner Schotterebene ist auch die Mächtigkeit dieser hochglazialen Ablagerungen abhängig von einem teils recht unruhigen Relief des Untergrundes. Besonders die Tertiäroberfläche weist deutlich ausgeprägte

Schwellen- und Rinnenstrukturen auf, die auch über kurze Entfernung bemerkenswerte Mächtigkeitsschwankungen der Quartärablagerungen bedingen können.

Das westliche Schotterfeld, das aus dem Raum Moorenweis und Reichertsried über Jesenwang nach Mammendorf und Malching zieht, weist Kiesmächtigkeiten zwischen 10 m und 15 m auf, die sich zu den seitlichen Altmoränen hin verringern. Der Grundwasserspiegel liegt im Süden 20 m unter Flur und nähert sich nach Norden hin beständig der Oberfläche (Jesenwang 10 m, Mammendorf ca. 3 m), die er an der Maisach erreicht. Von dort nach Nordosten sind die Kiese mit stärkeren Bodenbildungen und Talsedimenten bedeckt.

Das Fürstenfeldbrucker Schotterfeld, das von Wildenroth bis fast nach Dachau reicht, weist seine größte Kiesmächtigkeit mit über 30 m im Eichholz nördlich des Bahnhofes Schöngeising auf. Nach Nordosten wird es dünner, hat aber bei Fürstenfeldbruck noch 20 m, bei Germlinden 15 m und bei Feldgeding 10 m Mächtigkeit. In Richtung Dachau wird es durch Torfbildungen von Norden her eingeengt und begleitet als relativ schmaler Streifen bei etwa gleicher Mächtigkeit die Amper. Ein kleineres Niederterrassenfeld mit Mächtigkeiten um 10 m setzt bei Roggenstein ein und zieht sich südlich der Amper über Olching bis nach Dachau.

Auch in diesen Schotterfeldern ist ein schnelles Abnehmen des Grundwasserflurabstandes nach Nordosten festzustellen. Bei Wildenroth beträgt er noch ca. 30 m, bei Fürstenfeldbruck ca. 10 m, bei Olching nur noch max. 5 m. Im Ampertal liegt der Grundwasserspiegel auf Flußniveau, östlich von Olching tritt Grundwasser an der Oberfläche aus und führt dort zur Bildung von Mooren und Almabsätzen, deren Mächtigkeit wirtschaftliche Kiesgewinnung derzeit ausschließt.

Ausbildung und Eigenschaften: Die Niederterrassenschotter sind unsortierte, sandig-schluffige Fein- bis Grobkiese mit Steinen. Nahe der Moräne führen sie hohe Anteile an schluffig-bindigem Material teils als Bindemittel, teil in Form dünner Einschaltungen. Sie sind meist geschichtet und zeigen mit zunehmender Entfernung von den Moränen einen besseren Sortierungsgrad einzelner Lagen sowie eine Abnahme des Schluffanteiles. Die Einzelkomponenten sind hauptsächlich kalkalpiner, untergeordnet auch kristalliner Herkunft; sie sind meist frisch und unverwittert und weisen mit zunehmender Transportweite besseren Abrollungsgrad auf.

Die Niederterrassenschotter im Vorfeld der würmeiszeitlichen Vereisungsgebiete sind – mit Ausnahme des Nahbereiches zu Moränen – von hervorragender Qualität als Baurohstoff. Neben einem meist vollständigen Kornspektrum weisen auch die Einzelkomponenten, abgesehen von einigen Kristallin-Geröllen, einen sehr guten Zustand auf.

Durch das Fehlen von mächtigeren störenden Zwischenlagen wie Verfestigungen, Schluffhorizonten etc. sind sie zudem leicht gewinnbar.

Gewinnung und Verwendung: Sand und Kies wird derzeit an mehreren Stellen innerhalb der beiden Schotterfluren abgegraben. Gewinnungsstellen liegen bei Moorenweis, zwischen Jesenwang, Babenried und Landsberied, zwischen Nassenhausen und Mammendorf sowie südlich von Mammendorf. Die

Abbautiefen schwanken um 8 m, können aber bis zu 15 m erreichen. Das Grundwasser ist häufig freigelegt.

Im Fürstenfeldbrucker Schotterfeld werden Kiesgruben betrieben bei Schöngeising, westlich von Fürstenfeldbruck und bei Puch, nahe Gernlinden und bei Feldgeding. Die Grubensohlen liegen durchschnittlich 8 m bis 10 m, stellenweise sogar bis beinahe 20 m unter Flur; besonders in den nördlichen Abbaustellen werden Naßbaggerungen vorgenommen. Östlich der Amper wird Kies südlich von Olching abgegraben.

Die Kiese eignen sich aufgrund ihrer guten Qualität für jede Verwendungsart im Hoch- und Tiefbau, Straßenbau und zur Herstellung von Betonteilen. Die derzeit betriebenen Gruben versorgen vor allem den Großraum Fürstenfeldbruck sowie westlich und nördlich daran anschließende Gebiete. Aus geologisch-lagerstättenkundlicher Sicht ist auch längerfristig mit einer Verknappung der Rohstoffe in diesem Bereich nicht zu rechnen.

Schotterfluren südlich Eichenau

(Ulrich Lagally)

Aus der Schmelzwasserrinne, die über Perchting und Unering nach Norden verläuft und die östlich von Hochstadt die Würmendmoränen durchschneidet, entwickelt sich das Niederterrassenfeld von Gilching, das bei Puchheim und Eichenau in die Münchner Schotterebene übergeht. Nach Osten hin wird es begrenzt durch einen rißeiszeitlichen Moränenzug. Es hat bei Hochstadt eine Breite von ca. 1 km, weitet sich östlich von Oberpfaffenhofen auf über 2 km, bei Neugilching sogar auf über 3 km. Bei Gilching verschmälert es sich wieder und durchbricht als ca. 0,7 km breites Tal die rißeiszeitlichen Ablagerungen zwischen Alling und Holzkirchen, von wo aus es sich trichterförmig bis auf 2–3 km weitend Richtung Eichenau und Puchheim erstreckt. Vor den Würmendmoränen im Raum Hanfeld – Oberbrunn – Unterbrunn finden sich zwischen Altmoränen noch würmeiszeitliche Schotterflächen von untergeordneter Bedeutung.

Die Niederterrassenfelder sind morphologisch wenig gegliedert. Nahe den Würmmoränen an ihrem Westrand finden sich stellenweise Terrassen geringer Höhe und Toteislöcher.

Die Mächtigkeit der Schotter ist uneinheitlich, da der Moränenuntergrund deutliche Reliefunterschiede hat. Im Raum Hochstadt – Unering werden Kiesmächtigkeiten von 30 m und mehr erreicht, die nach Norden bis Gilching nur unwesentlich abnehmen. Südwestlich von Alling belaufen sie sich noch auf 23 m, westlich von Puchheim auf ca. 17 m. Der Grundwasserspiegel liegt an den Würm-Endmoränen ca. 28 m unter Flur; nach Norden vermindert sich sein Flurabstand allmählich. Bei Gilching beträgt er 7 m bis 8 m, westlich von Puchheim mehrere Meter. Bei Alling kam es wie nordöstlich von Puchheim durch hohes Grundwasser zu Moor- und Almbildungen. Mit Ausnahme des Bereiches um Alling treten keine nennenswerten Überlagerungen auf.

Die Schotter sind in Schichtaufbau, Kornzusammensetzung und Qualität den oben beschriebenen (Schotterfluren zwischen Maisach und Amper) sehr ähnlich.

Neben lokalen Veränderungen der Kornzusammensetzung, vor allem des Anteiles an bindigem Material, sind gelegentlich auftretende Verfestigungen in Form dünner Nagelfluhbänkchen bemerkenswert.

Kiesgewinnungsbetriebe konzentrieren sich auf die Gebiete zwischen Hochstadt und Unterbrunn und westlich von Gilching/Argelsried. In den südlicher gelegenen Gruben wird Sand und Kies bis zum Grundwasserspiegel bei 28 m unter Flur trocken abgegraben, während weiter nördlich kombinierter Trocken-/Naßabbau bis ca. 18 m unter Gelände erfolgt. Das Material wird sortiert, z.T. gebrochen und findet Verwendung im Hoch- und Tiefbau, als Straßenbaustoff und zur Herstellung von Transportbeton.

Münchener Schotterebene

(Ulrich Lagally)

Dieses größte zusammenhängende Vorkommen jungpleistozäner Kiese Bayerns umfaßt die Schmelzwasserablagerungen des Isar-Loisach-Vorlandgletschers, z.T. auch des Ammerseegletschers, in seinen östlichen Bereichen auch des Inn-Chiemsee-Vorlandgletschers, die sich zu einem großen, nach Norden abfallenden Niederterrassenfeld vereinigen. Seine Wurzelzonen liegen an den Endmoränen zwischen Leutstetten – Baierbrunn – Oberbiberg – Sauerlach und Otterfing sowie an den Jungmoränen an der Mangfall, bei Aying – Egmating – Eglharting und im Großhager Forst südöstlich von Hohenlinden. Die Ostgrenze bilden die Altmoränen zwischen Hohenlinden und Pastetten, bei Forstinning und zwischen Parfing und Eitting. Zwischen Langengeisling und Pfrombach wird es begrenzt durch lößbedeckte Hochterrassen und das Tertiäre Hügelland. Nach Nordwesten zu endet es am Tertiären Hügelland an der Linie Dachau – Freising – Moosburg.

Die Münchener Schotterebene ist eine morphologisch wenig gegliederte schiefe Ebene. Der Höhenunterschied zwischen der Wurzelzone und dem Nordende bei Moosburg beträgt zwischen 170 m und 240 m. Würm, Isar und einige Lößlehmbedeckte, rißeiszeitliche Aufschüttungen teilen sie in mehrere nord-süd-verlaufende Geländestreifen. Nur die postglazialen Talschotter der Isar und Würm sind von den Niederterrassen durch deutliche Terrassenstufen, die jedoch nördlich der Linie Pasing – Ismaning auslaufen, abgesetzt. Vor allem südlich von Geislgasteig – Unterbiberg – Baldham finden sich verschiedene Terrassenstufen und Erosionskanten in den würmeiszeitlichen Schotterfeldern.

Generelle Mächtigkeitsangaben der Niederterrassen sind beim derzeitigen Kenntnisstand nur bedingt möglich, da die Schotter häufig sehr ähnlich ausgebildete, aber ältere Glazialsedimente überlagern. Es werden daher im Folgenden, soweit nicht anderslautend, die Gesamt-Quartärmächtigkeiten angegeben. Die pleistozänen Sedimente füllen zudem ein relativ bewegtes Relief des tertiären Untergrundes auf, so daß konstante Mächtigkeiten nur selten über ein größeres Areal aushalten.

Die bedeutendsten Ablagerungen kommen naturgemäß nahe den Endmoränen vor. Sie liegen südlich von Gauting bei 30 m, nehmen zur Isar hin bis auf über 60 m zu und gehen bei Oberhaching auf 30 m zurück. Nach Südosten und Osten steigen

sie rasch wieder auf 40 m und mehr an und erreichen im Randbereich des Inngletschers 50 m bis 60 m, nicht selten auch über 70 m. Extremwerte von 80 m bis 100 m sind auf das Südende der Schotterebene begrenzt.

Nach Norden zu, in Raum Gräfelfing – Solln – Ottobrunn – Vaterstetten – Poing nehmen die Schotter schnell auf 20 m bis 30 m ab. Von Eglfing zieht über Kirchheim eine Rinnenstruktur von ca. 1 km Breite nach Norden, die Quartärmächtigkeiten von mindestens 20 m aufweist. Eine ähnliche Struktur liegt im Raum Pasing. Von der Linie Krailling – Riem ab nach Norden überlagern meist nur Niederterrassen den tertiären Untergrund und erreichen durchschnittliche Mächtigkeiten von 10 m bis 15 m, die im großen und ganzen bis ins Isartal nördlich von Freising konstant bleiben.

Die Flurabstände des obersten Grundwasserspiegels verringern sich stetig von den Wurzelzonen der Schotterterrassen nach Norden. Im allgemeinen betragen sie im Südteil zwischen Otterfing und der Mangfall sowie im Hofoldinger Forst ca. 50 m. Ähnliche Werte werden bei Baierbrunn erreicht. Im Forstenrieder Park, im Grünwalder Forst sowie bei Höhenkirchen betragen sie noch 30 m, im Raum Planegg, Forstenried, Perlacher Forst, Neubiberg, Baldham liegen sie noch bei 15 m, zwischen Neuaubing, Mittersendling, Giesing, Trudering und Parsdorf sinken sie bis auf 10 m. Weiter nach Norden verringern sie sich bis wenige Meter unter Gelände. Im Dachauer und Erdinger Moos erreicht das Grundwasser die Oberfläche, was zur Bildung ausgedehnter Moor- und Almvorkommen beiträgt, die zwischen Ismaning und Schwaig über 2 m mächtig werden. Ansonsten tragen die Niederterrassenschotter nur eine geringmächtige Verwitterungsdecke. Holozäne Talschotter, wie sie sich im Würmtal zwischen Leutstetten und Untermenzing und im Isartal in einem sich erweiternden Streifen zwischen Harlaching und dem Raum nordöstlich von Freising finden, sind ebenfalls nur gering überdeckt.

Ausbildung und Eigenschaften: Im Folgenden werden die würmeiszeitlichen Niederterrassenschotter beschrieben, die in den meisten Kiesgruben gewonnen werden. Es sei hier aber nochmals darauf hingewiesen, daß die angegebenen Mächtigkeiten auch ältere Glazialablagerungen einschließen können, die zwar in qualitativer Hinsicht den jungen oft nur wenig nachstehen, jedoch bereichsweise – besonders im Südteil der Schotterebene und an Talrändern – zu Nagelfluh verfestigt sind.

Die Würmschotter sind im allgemeinen schlecht sortierte, schwach sandige, selten stark sandige Fein- bis Grobkiese. Im Nahbereich der Moränen können sie reich an schluffig-bindigem Material in Form von Bindemitteln und dünnen Einschaltungen sein. Sie sind überwiegend lagig-schichtig abgesetzt, stellenweise findet sich auch Schrägschichtung.

Besonders die aus dem Isar-Loisach-Gletscher stammenden Gerölle sind meist gut abgerollt, während Material aus dem Inngletschergebiet z.T. nur kantengerundet ist. Bei den Geröllkomponenten überwiegen Karbonatgesteine; Sandsteine und Kristallin treten mengenmäßig stark in den Hintergrund. Im Schüttungsbereich des Inngletschers liegt der Kristallinanteil mehrere Prozent über dem des Isar-Loisach-Gletschers, wo er ca. 3% ausmacht. Verfestigungen oder unverwertbare Zwischenlagen sind in den Niederterrassenschottern selten; feinsandige Lagen und Linsen, die sich häufig finden, werden mitverwertet und sind vor allem in den nördlichen

Teilen, wo die Schotter einen besseren Sortierungsgrad durch Auswaschung feiner Komponenten erreichen, willkommen. Wie schon oben erwähnt, stellen die Würmschotter die qualitativ wohl hochwertigsten Baurohstoffe mit einem breiten Spektrum verschiedener Einsatzmöglichkeiten dar.

Gewinnung und Verwendung: Im Bereich der Münchener Schotterebene wird an einer Vielzahl von Stellen im Dreieck zwischen der Mangfall, Fürstenfeldbruck und Moosburg Sand und Kies abgegraben. Daher muß eine Aufzählung von Einzelbetrieben hier unterbleiben. Es haben sich neben vielen Einzelbetrieben auch einige Abbauzentren entwickelt, die in der Mehrzahl nördlich der Linie Pasing – Vaterstetten angesiedelt sind. Sie liegen im Bereich Karlsfeld – Dachau, Hochbrück – Eching, bei Moosinning, Langengeisling und zwischen Kirchheim, Feldkirchen und Aschheim. Die südlichen Kiesabbauzentren befinden sich bei Planegg und Taufkirchen. Die Gewinnung erfolgt dort wie in den südlichsten Teilen der Schotterebene ohne Freilegung des Grundwassers bei Abbauhöhen von 15 m bis 30 m. Mit der Verringerung des Grundwasserflurabstandes nehmen Trockenabbauhöhen im Raum Unterbiberg – Grasbrunn auf 10 m bis 15 m ab bzw. es beginnen die ersten Grundwasseraufschlüsse. Von dort nach Norden finden sich fast nur noch kombinierte Naß/Trockenbaggerungen bei Grubentiefen bis zu 20 m.

Die Kiesgewinnungsstellen der Münchner Schotterebene versorgen vor allem den Raum München mit Rohstoffen. Daneben werden, besonders aus Gruben in den Randbereichen, Abnehmer in den Moränengebieten und im tertiären Hügelland beliefert. Verwendung findet das Material im Hoch- und Tiefbau, Straßen- und U-Bahnbau, bei der Herstellung von Fertigmörtel, Transportbeton, Betonwaren u. v. a. Aus geologisch-lagerstättenkundlicher Sicht ist auch langfristig kein Versorgungsengpaß zu erwarten; trotzdem sind dem Kiesabbau wegen unterschiedlicher Belange des Großraumes München mancherlei Beschränkungen auferlegt. Eine zunehmende Verlagerung der Kiesgewinnung aus dem stark belasteten Münchner Norden in den Bereich der südlichen Schotterebene würde angesichts der sich abzeichnenden erschwerten Verfügbarkeit von Baurohstoffen die Versorgung der Region langfristig sicherstellen. Dort könnte nicht nur aufgrund der bedeutend größeren erreichbaren Trockenabbautiefen der Flächenbedarf vermindert, sondern sogar die Landschaft durch geeignete Rekultivierungsmaßnahmen bereichert werden.

Ampertal zwischen Dachau und Moosburg

(Ulrich Lagally)

Nordöstlich von Dachau zweigt das Ampertal von der Münchner Schotterebene ab; es erstreckt sich in nordöstlicher Richtung bis Allershausen, von wo es nach Osten umbiegend weiter bis Moosburg verläuft. Dort, am Nordende der Münchner Schotterebene, mündet es in das Isartal, das sich hier auf wenige Kilometer verengt. Von Dachau bis Allershausen weist das in das tertiäre Hügelland eingeschnittene Tal eine Breite von 1 km bis 1,5 km auf und weitet sich weiter flußabwärts auf ca. 2 km, an manchen Stellen sogar bis auf 2,5 km.

Die Talfüllung besteht aus jungpleistozänen und holozänen Lockersedimenten und besitzt eine durchschnittliche Mächtigkeit von 5 m bis 8 m; diese kann jedoch bereichsweise – abhängig vom Relief des präquartären Untergrundes – variieren. Eine morphologische Gliederung ist nur undeutlich erkennbar. Stellenweise finden sich über den flußbegleitenden Verebnungsflächen der Auenstufe Relikte älterer Terrassen an den Talrändern. Bei diesen wenige Meter über dem Flußniveau liegenden Ablagerungen handelt es sich meist um Niederterrassenschotter, die jedoch oft eine bis über 0,5 m mächtige Decke aus bindigem Material tragen. Häufig sind sie auch mit Flachmoortorf und ähnlichen Bildungen überlagert. Der Grundwasserspiegel liegt generell in Flurnähe.

Die Hauptmasse der Talfüllung wird von fluviatilen Sanden und Kiesen gebildet, die während des Hoch- und Spätglazials der Würmeiszeit abgelagert wurden. Die tieferen Teile der Sedimentfolge bestehen vorwiegend aus kalkalpinen Geröllen aus der Münchner Schotterebene. Sie unterscheiden sich von den überlagernden, jüngeren Quarzkiesen, die aus dem tertiären Hügelland stammen, vor allem durch ihre andersartige Geröllzusammensetzung und Korngröße. Im allgemeinen liegen schwach sandige bis sandige, seltener schluffige Fein- bis Grobkiese vor; ihre Komponenten sind abgerollt und überwiegend frisch. Sandig-mergelige Einschaltungen finden sich vorwiegend in den obersten Partien sowie als Überlagerung der Schotter.

Nordöstlich von Dachau, bei Allershausen und zwischen Zolling und Haag wurden die Talschotter der Amper an verschiedenen Stellen abgebaut, wobei im allgemeinen das Grundwasser aufgeschlossen wurde. Die meisten Abbaustellen, die vorwiegend den örtlichen Bedarf deckten, liegen heute still. Derzeit wird – z.T. nur gelegentlich – Sand und Kies im Naßabbau bei Allershausen, Angelberg und Haag abgegraben und im Nahbereich im Hoch- und Tiefbau verwendet.

Isartal zwischen Moosburg und Donautal

(HERMANN WEINIG)

Die Münchener Schotterebene verengt sich nach Norden trichterartig und geht bei Moosburg in das Tal der Isar über. Dieses durchschneidet als Band von 4–6 km Breite das Niederbayerische Tertiärhügelland. Von Landshut an spricht man vom Tal der „Unteren Isar".

Die jungquartäre Füllung des Isartales enthält würmeiszeitliche Schotter, die jedoch nur zwischen Töding und Plattling als schwach ausgebildete, etwa 1 m hohe Terrasse an die Oberfläche treten, sonst aber von postglazialen Schottern verdeckt werden. Postglaziale Kiese und Sande nehmen den Hauptanteil der Ablagerungen des Isartales ein. Sie bilden zwischen Moosburg und Landshut eine kaum reliefierte Talaue, während das Tal der Unteren Isar durch meist 4 postglaziale, jeweils bis ca. 1,5 m hohe Terrassenstufen geprägt ist, die zwischen Landshut und Wörth deutlich ausgebildet sind, dann aber zunehmend konvergieren. Unterhalb Landau sind die nacheiszeitlichen Schüttungskörper morphologisch nicht mehr zu unterscheiden. Die heutige Isar wird auf nahezu ganzer Länge von ihrem durch trockenliegende Flußarme geprägten, bewaldeten Wildflußgebiet, der 1–2 km breiten Auwald-Stufe (Auenstufe) begleitet.

Die Mächtigkeiten der jungquartären Kiese und Sande bewegen sich zwischen 4 und etwa 11 m. Die unterschiedliche Widerstandsfähigkeit der im Isartal besonders komplex zusammengesetzten tertiären Basis können durch Rinnenbildung wie auch Aufwölbungen über kurze Entfernungen hinweg Mächtigkeitsunterschiede von mehreren Metern hervorrufen. Doch lassen sich für bestimmte Talbereiche folgende Durchschnittsmächtigkeiten angeben: Zwischen Moosburg und Landshut sind 7–9 m mächtige Kiese und Sande nachgewiesen. Zwischen Landshut und Ohu treten Mächtigkeiten von 4–7 m auf, die sich bis Landau und im Talmündungsgebiet zur Donau auf etwa 10 m erhöhen. Die Erosionsfläche der tertiären Schotterunterlage kann leichte Muldenform besitzen. Zumindest ist dies in der Gegend Landau – Wallersdorf durch das Tal querende Bohrreihen nachgewiesen, die nahe den Talrändern Quartärmächtigkeiten von 6–7 m, in Talmitte dagegen solche von 10–12 m belegen. Gegen Landshut ist jedoch im Bereich der postglazialen Terrassenstufen eine mehrmalige Tieferlegung der tertiären Sohle, etwa in gleicher Weise wie die Taloberfläche, in Betracht zu ziehen. Insofern ist hier im Bereich der gesamten Talbreite mit durchschnittlichen Mächtigkeiten von etwa 6 m zu rechnen.

Die jungen Schotter des Isartales werden von Decksedimenten überlagert, die bei entsprechenden Mächtigkeiten die Kiesgewinnung erschweren oder unwirtschaftlich machen können. Es handelt sich dabei vor allem um Moore und Schwemmfächer, während die weitflächig verbreiteten, 0 bis 2 m mächtigen, besonders in Rinnenbereichen ausgebildeten Auenlehme, wie auch die unterhalb Landau und zwischen Landshut und Bruckberg verbreiteten Anmoore den Kiesabbau im allgemeinen nicht stören. Mächtigere Torfe treten zwischen Essenbach und Töding im Bereich der nördlichen Talhälfte über der spätglazialen Altstadt-Stufe mit maximalen Mächtigkeiten von 2–4 m auf. Diese Torfe verzahnen sich mit teils weit in das Tal vorstoßenden, mehrere Meter mächtigen lehmig-sandigen Schwemmfächern, die fast den gesamten Talrand zwischen Essenbach und Großköllnbach säumen.

Das Grundwasser ist im gesamten Talbereich in Geländenähe anzutreffen. Es ergeben sich Flurabstände von durchschnittlich 1 bis 3 m, die vor allem in moorigen Gebieten auf wenige Dezimeter absinken können.

Ausbildung und Eigenschaften: Infolge der in mehreren Phasen abgelaufenen Ablagerung der Kiese und Sande baut sich der Schotterkörper der Talaue unterschiedlich auf. Während die holozänen Schotter eine unruhige Schichtlagerung mit einem lebhaften Wechsel von sandigen Grob- und Mittelkiesen oder auch sandfreien Mittel- bis Feinkiesen („Riesellagen") und überwiegend sandigen Partien aufweisen, zeigen die zwischen Landshut und Pilsting in der nördlichen Talhälfte ausgebildete Altstadt-Stufe und auch die Niederterrasse einen mehr einheitlichen Bau.

Jedoch treten zwischen den einzelnen Talbereichen hinsichtlich der Kiesgewinnung im Mittel keine entscheidend ins Gewicht fallenden Unterschiede in der Schotterbeschaffenheit auf. Es handelt sich um sandige bis stark sandige, kaum schluffige Kiese der Fein-, Mittel-, untergeordnet auch der Grobfraktion mit geringem Steinanteil. Die Korngrößen nehmen isarabwärts naturgemäß etwas ab,

wie auch die Altstadt-Stufe im Vergleich zu den holozänen Talbereichen etwas feineres Kiesmaterial und höheren Sandanteil enthält.

Die Schotter des Isartales bestehen im wesentlichen aus Karbonatanteilen, denen untergeordnet Kristallin-, Quarz-, Sandstein- und Radiolaritgerölle beigemengt sind. Es handelt sich durchweg um gutgerundete, widerstandsfähige, unverwitterte Gerölle. Materialbeschaffenheit und Kornzusammensetzung weisen die Talschotter der Isar als idealen, hochwertigen Baurohstoff aus.

G e w i n n u n g u n d V e r w e n d u n g: Die Gewinnung der durchweg im Grundwasserbereich liegenden Schotter ist im wesentlichen an folgende Bereiche gebunden, die sich als Schwerpunkte des Kiesabbaus herausgebildet haben: östlich Moosburg, nordöstlich Landshut rechts der Isar, östlich Wörth, bei Mammingerschwaige, Ganacker, Wallersdorf und nördlich von Moos. Sonst ist das Isartal, abgesehen von unbedeutenden, meist bereits rekultivierten Gewinnungsstellen vom Kiesabbau kaum berührt. Diese Konzentrierung des Kiesabbaus kann deshalb im Vergleich zu vielen anderen Gewinnungsgebieten als beispielhaft gelten.

Als geologisch bedingte Besonderheit ist der zusätzliche Abbau der das Quartär zwischen Moosburg und Wörth unterlagernden Tertiärschotter hervorzuheben. Dort werden Schotter in doppelter Mächtigkeit von nunmehr 15 m – infolge der dichteren Lagerung der Tertiärschotter nach künstlicher Grundwasserabsenkung – im Trockenabbau gewonnen und zusammen aufbereitet.

Die Talschotter der Isar decken den Materialbedarf der an die Talachse gebundenen Verbrauchszentren wie auch den des nahegelegenen Bayerischen Waldes. Zwar bieten sich im Isartal noch hinreichende Möglichkeiten der Kiesgewinnung. Jedoch sind die vorhandenen Freiräume etwa zwischen Moosburg und Landshut wie auch im Bereich der Unteren Isar durch verstreut liegende Einzelgehöfte oder Verkehrswege, oberhalb Landshut und im Mündungsgebiet der Isar auch durch wasserwirtschaftliche Interessen sowie entlang des Flusses durch Auwaldgebiete eingeschränkt.

Einer im Talbereich eintretenden Verknappung von Abbauflächen kann jedoch im Gebiet der Unteren Isar durch ein Ausweichen der Kiesgewinnung in das Tertiärgebiet beiderseits des Isartales begegnet werden. Diese Verlagerung der Baustoffgewinnung deutet sich bereits seit einigen Jahren an und wird künftig sicher in verstärktem Maß fortschreiten (vgl. Nr. 811).

Stand 2000

Einzugsgebiet von Inn und Salzach

Schmelzwasserrinnen im Raum Sachsenkam

(Ulrich Lagally)

Im Einzugsgebiet des Inn, jedoch im Jungmoränenbereich des Isar-Loisach-Gletschers finden sich einige Schmelzwasserrinnen und Schotterfluren, die mit würmeiszeitlichen Abschmelzschottern gefüllt sind. Die wichtigsten Kiesvorkommen liegen nördlich von Waakirchen und Schaftlach.

Aus dem Raum Reichersbeuren-Waakirchen zieht ein ca. 1 km bis 2 km breites Feld spätglazialer Schotter bis nach Sachsenkam. Es ist durch Moränenhügel und Erosionsränder deutlich gegliedert, Übergänge von Moränen zu Schottern sind häufig zu beobachten. Im allgemeinen betragen die Kiesmächtigkeiten 10 m bis max. 40 m, das Grundwasser liegt etwa 10–15 m unter Flur.

Ein ähnlicher Rinnenzug setzt nördlich von Schaftlach ein und verläuft über Oberwarngau nach Norden, wo er in die Münchner Schotterebene übergeht. Er ist meist schmal, in Einzelrinnen aufgegliedert und bildet nur bei Oberwarngau eine ca. 3 km breite Verebnungsfläche. Kiesmächtigkeit und Grundwasserverhältnisse sind ähnlich den westlich davon liegenden Schmelzwasserrinnen bei Sachsenkam.

Das Material dieser Ablagerungen ist in seiner Zusammensetzung dem der spätglazialen Terrassen bei Greiling-Reichersbeuren ähnlich, führt hier jedoch meist einen höheren Feinanteil (Schluff, Lehm). Die Einzelkomponenten sind oft kantig, die Schotterkörper durch schnell wechselnde Sedimentationsbedingungen inhomogen. Stellenweise finden sich neben Bodenbildungen auch Lehmdecken.

Die Schotter wurden mancherorts für den lokalen Bedarf abgebaut. Bei Sachsenkam befindet sich die einzige derzeit betriebene Grube.

Mangfalltal zwischen Tegernsee und Weyarn

(Ulrich Lagally)

Das Mangfalltal ist zwischen Gmund und Weyarn von einer bis zu 1 km breiten Schotterfläche begleitet, die im Vorfeld des würmeiszeitlichen Tegernseegletschers abgelagert wurde (Festenbacher und Miesbacher Terrasse). Ähnliche Bildungen finden sich an der Schlierach nördlich von Hausham. Diese Schotterfelder sind in sich durch Erosionsterrassen gegliedert und von den nacheiszeitlichen Bildungen der Talaue durch eine deutliche Terrassenstufe abgesetzt. Unter einer Deckschicht aus Boden und bereichsweise periglazialem Schutt liegen bis zu 80 m mächtige Schotter, die jungpleistozäne und auch ältere, oft zu Nagelfluh verfestigte Glazialabsätze repräsentieren. Nördlich der Einmündung der Schlierach nimmt ihre Verbreitung stark ab. Sie begleiten die Talränder nur noch gelegentlich und gehen bei Weyarn in die Münchener Schotterebene über. Der Grundwasserspiegel schwankt zwischen dem Niveau des Vorfluters und über 20 m unter Flur.

Die hoch- und spätglazialen Schotter der Mangfall und Schlierach oberhalb des Mangfallknies unterscheiden sich von denen des Isar-Loisach-Gletschers nur wenig. Vorwiegend handelt es sich um sandige Fein- bis Grobkiese, die z.T. stark schluffig sind. Sie sind meist schlecht sortiert, schichtig aufgebaut und weisen geringmächtige Sandlinsen auf. Die Gerölle – vorwiegend kalkalpine Gesteine – sind vielfach nur kantengerundet; Kristallin findet sich sehr selten.

In Abbau stehen diese Kiese derzeit bei Festenbach und nördlich von Miesbach bei Wallenburg. Die im Trockenabbau betriebenen Gruben erreichen Wandhöhen bis zu 30 m und liefern Baurohstoffe zum Straßenbau, daneben für Hoch- und Tiefbau im Raum Miesbach-Tegernsee.

Schmelzwasserrinnen und Schotterfluren des westlichen Inngletschers

(Ulrich Lagally)

Die wohl bedeutendsten Kiesvorkommen zwischen der Münchner Schotterebene und dem Inn finden sich entlang der Mangfall zwischen Feldkirchen und Bad Aibling. Diese spätglazialen Ablagerungen nehmen vor allem nördlich des Flusses bedeutende Flächen ein. Bei Feldkirchen werden sie 1–1,5 km, zwischen Bruckmühl und Bad Aibling sogar über 2 km breit. Südlich der Mangfall bilden sie einen 1–1,5 km breiten Streifen, der sich von Vagen bis südlich Kolbermoor erstreckt. Die Kiesmächtigkeiten betragen nördlich des Flusses 10 m bis 12 m, z.T. auch mehr; nach Süden nehmen sie auf 6 m bis 7 m ab. Der Grundwasserspiegel ist generell hoch und liegt ca. 4 m bis 5 m unter Flur. Die Bodenüberdeckung schwankt zwischen 0,2 m und 0,5 m.

Die Mangfallschotter sind schlecht sortierte, mittelsandige, z.T. schluffreiche Fein- bis Grobkiese mit Steinen. Sie sind überwiegend horizontal abgelagert und weisen deutliche Schichtung auf. Stellenweise sind dünne sandige Lagen eingeschaltet, Lehmhorizonte und Verfestigungen fehlen. Die Gerölle sind kantengerundet bis schlecht abgerollt; sie sind meist sehr gut erhalten und stammen überwiegend aus dem kalkalpinen Raum mit einem jedoch nicht unbedeutenden Anteil an kristallinen Komponenten.

Die Kiesgewinnung konzentriert sich seit langem auf das Gebiet nordöstlich von Bruckmühl. Abbaustellen an anderen Stellen waren meist nur von lokaler Bedeutung. Bei Bruckmühl sind mehrere Betriebe angesiedelt, die Schotter in kombiniertem Trocken- und Naßabbau bei Grubentiefen von 10 m bis 12 m gewinnen. Die Rohstoffe finden Verwendung im Hoch- und Tiefbau, bei der Herstellung von Transportbeton, Asphaltbelägen, Betonfertigteilen und als Auffüllmaterial. Von hier aus wird vor allem der Bereich zwischen Bruckmühl und Rosenheim versorgt. Aus lagerstättenkundlicher Sicht bestehen bezüglich der Vorratssituation auch langfristig keine Probleme.

Im Nordwestteil des Verbreitungsgebietes des Inngletschers finden sich einige Schmelzwasserrinnen, die mit glazialen Schottern gefüllt sind. Sie verlaufen meist in nordwestlicher Richtung und werden von den Gewässern Glonn, Moosach und Attel benutzt. Ihre Breite ist meist 1 km bis 2 km, doch kommt es, vor allem südlich von Grafing, zu beträchtlichen Talverbreiterungen. Nur stellenweise sind brauchbare Schotter aufgeschlossen; meist sind die Talböden mit mächtigen Bodenschichten und Moorbildungen bedeckt.

An wenigen Stellen werden die spät- und postglazialen Schotter abgebaut, vor allem an den Talflanken, wo zum Teil noch Terrassenreste erhalten sind. Die Gewinnungsbetriebe, die bis zu 18 m Kies trocken abgraben, befinden sich südlich von Grafing, nordwestlich von Bruck und westlich von Glonn.

Beiderseits der Ebrach im Raum Edling, Ebrach und Fischbach sind spätglaziale Schotterterrassen, die mehrere Kilometer breit werden können, aufgeschlossen. Sie liegen bei Breitmoos an einem Moränenrücken an und sind im Tal der Ebrach teils erodiert, teils mit jungen Feinsedimenten überdeckt. Sie

erreichen im allgemeinen Mächtigkeiten von 10 m und mehr (bis 20 m); der Grundwasserstand variiert und dürfte bei ca. 7 m unter Flur liegen.

Das Material ist unsortiert und stellenweise stark bindig. Es wird in aufbereiteter Form als Betonzuschlag und Frostschutzkies, als Grubenmaterial für Auffüllzwecke verwendet. Zwei Abbaubetriebe sind bei Edling etabliert und versorgen vor allem den Raum Wasserburg.

Durch Landschafts- und Wasserschutzgebiete sind große Flächen des Vorkommens einer Nutzung entzogen. Wegen der darüber hinaus geringen nutzbaren Kiesmächtigkeit muß künftig mit Versorgungsengpässen aus diesen Vorkommen gerechnet werden.

Inntal zwischen Kiefersfelden und Gars

(Ulrich Lagally)

Der Inn folgt zwischen Kiefersfelden und Flintsbach einem tief in die nördlichen Kalkalpen eingeschnittenen Tal, das meist 1 km bis 2 km breit ist und in dem bereichsweise, wie z.B. zwischen Kiefersfelden und Niederaudorf sowie zwischen Flintsbach und Degerndorf, spätwürmeiszeitliche Schotter anstehen, die wiederum stellenweise mit Hangschutt überdeckt sind. Die Flächen sind im allgemeinen 0,5 km bis 1 km, bei Brannenburg sogar bis zu 2 km breit und von der Talaue durch Terrassenstufen niedriger Sprunghöhe abgesetzt. Die Schotter erreichen Mächtigkeiten von 30 m bis 40 m, nehmen jedoch nach Norden zu rasch ab. Der Grundwasserspiegel liegt bei Niederaudorf ca. 11 m, bei Degerndorf 17 m unter Flur. Neben normaler Bodenbildung findet sich oft eine Lehmüberdeckung von mehreren Metern. Die tiefer gelegenen, oft feinkörnigeren Sedimente nahe der Talaue erreichen noch größere Mächtigkeiten, sind jedoch überwiegend grundwassererfüllt.

Bei Degerndorf weitet sich das Inntal und erreicht im ehemaligen Rosenheimer See mit 10 km bis 12 km seine größte Breite. Weiter nach Norden verengt es sich wieder auf wenige Kilometer und verläuft als ca. 1 km breites Tal bis nach Wasserburg. Spätglaziale Schotter finden sich nur noch in einem ca. 1–2 km breiten Streifen zwischen Reischenhart und Aising. Sie sind von den jüngeren Innablagerungen durch die deutliche Terrassenstufe abgesetzt. Ihre Mächtigkeit beträgt meist unter 10 m, der Grundwasserspiegel liegt wenige Meter unter Flur. Sie sind wie die holozänen Schotter entlang des Flußlaufes mit einer bis ca. 1 m dicken Lehmschicht bedeckt.

Den überwiegenden Teil des spätglazialen Rosenheimer Sees nehmen Seesedimente und Moore ein, die bedeutende Mächtigkeiten erreichen können. Nur westlich des Flusses zwischen Rosenheim und Rott treten stellenweise postglaziale Schotter auf, die jedoch nur Mächtigkeiten von ca. 5 m aufweisen. Der Grundwasserspiegel liegt meist nur 1 m unter Flur.

Im weiteren Verlauf bis Gars ist das Inntal tief in die Moränenlandschaft eingeschnitten. Zu einer bedeutenden Aufschotterung spät- und postglazialer Sande und Kiese kam es hier nicht mehr.

Die spät- und nachwürmeiszeitlichen Ablagerungen im Inntal bestehen aus Delta- und Flußschottern, Seetonen und Seesanden. Die Schotter umfassen sandige Fein- bis Mittelkiese, bereichsweise sind sie grobkörnig. Ihr Sortierungsgrad ist meist schlecht. Teils sind sie deutlich horizontal geschichtet, teils herrscht Deltaschüttung vor. Mitunter finden sich sandig-schluffige Lagen und Linsen. Das Material weist neben Komponenten kalkalpiner Herkunft einen sehr hohen Anteil an Kristallingeröllen auf. Es ist überwiegend frisch, nur manche Kristallingesteine sind durch Verwitterung mürb. Die Einzelgerölle sind meist kantengerundet.

Kiesgewinnungsstellen, die mit wenigen Ausnahmen in der Talaue und damit im Grundwasserbereich liegen, finden sich bei Kiefersfelden, Nußdorf, Brannenburg, Kirchdorf, Pfraundorf, Thansau und Sunkenroth. Weiter nach Norden kommen Abbaustellen von Bedeutung nicht mehr vor. Die Grubentiefen betragen im Trockenabbau wie z. B. bei Brannenburg bis zu 20 m, sonst 5 m bis 8 m. Die Kiese finden Verwendung im Bereich des Inntales im Hoch- und Tiefbau sowie zu Schüttzwecken. Aufgrund der hohen Grundwasserstände und relativ geringer Mächtigkeit ist eine künftige Versorgung aus diesem Bereich problematisch. Für den Raum Rosenheim bieten sich als Alternative verstärkt die Vorstoßschotter am Schloßberg (Nr. 822) an.

Schmelzwasserrinnen und Schotterfluren des östlichen Inngletschers

(Ulrich Lagally)

Zwischen Inn und den Endmoränen des Chiemseegletschers sind nur in einem Gebiet bedeutendere spätglaziale Schotter aufgeschlossen. Sie liegen im Talbereich des Dorfbaches zwischen Endorf und Halfing, der im Süden mehrere 100 m breit ist, sich von Eberloh nach Norden aber bis auf mehr als 1 km weitet. Die Mächtigkeit seiner Schotterfüllung beträgt bei Halfing 15 m bis 20 m, der Grundwasserspiegel liegt ca. 10 m unter Flur. Südlich von Halfing findet sich nur geringmächtige Bodenbildung, nach Norden zu sind die Schotter jedoch von mächtigen Moorbildungen überdeckt.

Bei den Schottern handelt es sich wie westlich des Inns um schlecht sortierte, sandig-schluffige Fein- bis Grobschotter mit Steinen. Sie sind lagig abgesetzt und führen oftmals sandige Einschaltungen. Stellenweise sind sie stark bindig. Die Gerölle sind kantengerundet bis eckig und stammen aus dem kalk- und zentralalpinen Raum. Sie sind frisch und hart mit Ausnahme weniger mürber Kristallinkomponenten. Diese Schotter werden derzeit nur bei Halfing in einem kombinierten Trocken-/Naßabbau abgegraben, der eine Tiefe von ca. 15 m erreicht. Die Grube trägt bei zur Deckung des örtlichen Bedarfes an Baurohstoffen und Wegebaumaterial.

Stellenweise wie bei Obersuhr, Vogtareuth, Landenham, Schambach und Kling stehen z.T. sehr begrenzte Vorkommen spät- bzw. postglazialer Schotter in Abbau, die jedoch überwiegend nur von lokaler Bedeutung sind.

Schmelzwasserrinnen und Schotterfluren im Bereich des Chiemseegletschers

(Ulrich Lagally)

Innerhalb des Jungmoränenbereiches des ehemaligen Chiemseegletschers finden sich Schottervorkommen, die beim Abschmelzen des Gletschers abgelagert wurden, südwestlich von Eggstätt, südlich von Hinzing zwischen Mühlen und Stöttham sowie bei Wolkersdorf, Nußdorf und Grilling. Weitere, an Ausdehnung oder Mächtigkeit unbedeutende Vorkommen finden sich vielerorts im Nordteil des Moränengebietes.

Die spätglazialen Schotter bei Eggstätt nehmen vor allem den Raum zwischen der Straße Eggstätt – Weisham – Westerhausen und dem Langburgner bzw. Hartsee ein. Ihre Mächtigkeit ist nicht konstant, liegt jedoch im allgemeinen zwischen 10 m und 20 m. Nach Nordosten zu nehmen Schotter noch weite Flächen ein, sind dort jedoch von mächtigen Moorbildungen überlagert. Das Grundwasser steht dort wie in Nordwesten nahe unter Gelände an, liegt jedoch bei Natzing mehr als 12 m unter Flur. Mit Ausnahme von einer geringmächtigen Verwitterungsdecke finden sich wenig störende Überlagerungen.

Südlich von Hitzing füllen spätglaziale Schotter ein schmales, ca. 2 km langes Tal auf, das sich an seinem Nordende weitet und in einzelne Flächen aufgliedert. Der Talboden ist bedeckt von Hochmoorbildungen, jedoch finden sich an den Talrändern Schotter mit mehr als 10 m Mächtigkeit, die aufgrund niedrigen Grundwasserstandes im Trockenabbau abgegraben werden können. Sie lagern an Moränen, die z.T. kiesig ausgebildet sind und daher mitgewonnen werden, überwiegend jedoch bindig sind und lehmige Überlagerungen der Randbereiche der Schotter verursachen.

Die ergiebigsten Vorkommen spätglazialer Schotter finden sich östlich des Chiemsees als Schmelzwasserrinne zwischen Mühlen und Stöttham und bei Sondermoning und Hart. Die Kiese füllen hier zwischen Jungmoränen verlaufende Täler, die im allgemeinen bis zu 1 km, im Raum Chieming bis zu 2 km breit werden. Sie weisen nur eine geringe morphologische Gliederung auf. Die Kiesmächtigkeiten nehmen von Süden nach Norden ab; sie betragen bei Mühlen und Erlstätt 15 m bis 20 m, z. T. auch mehr, bei Chieming ca. 15 m und gehen bei Stöttham auf ungefähr 10 m zurück. Der Grundwasserspiegel, der am Südende der Rinne noch mehr als 20 m unter Flur liegt, findet sich östlich von Chieming bei 6 m bis 8 m, weiter nördlich wieder ca. 10 m unter Gelände.

Die Schmelzwasserrinne, die von Wolkersdorf über Nußdorf nach Grilling zieht, ist meist nur wenige 100 m breit. Im Gegensatz zur Erlstätter Rinne ist sie durch unterschiedliche Terrassenstufen morphologisch gegliedert. Diese Terrassen sind stellenweise in Eisrandlagen entstanden und erreichen bei Wolkersdorf eine Mächtigkeit von über 30 m, bei Nußdorf und Grilling von mehr als 10 m. Der Grundwasserspiegel liegt sehr tief und wird in den vorhandenen Kiesgruben nicht angeschnitten.

Ausbildung und Eigenschaften: Die Schmelzwasserablagerungen des würmeiszeitlichen Chiemseegletschers bestehen aus vorwiegend schlecht sortierten, sandigen bis schluffigen, z.T. bindigen Fein- bis Grobkiesen; teilweise haben sie einen hohen Steinanteil. Sie sind bunt zusammengesetzt, wobei der Kristallinanteil gegenüber dem Kalkalpin eine untergeordnete Rolle spielt. Die Gerölle sind überwiegend frisch und kantengerundet. In den lagig aufgebauten Schotterkörpern finden sich neben sandigen Lagen und Linsen zuweilen auch dünne bindige Einschaltungen sowie schluffiges Bindemittel.

Gewinnung und Verwendung: Abbaustellen der spät- bis postglazialen Schotter sind derzeit bei Eggstätt – Natzing, Aufham – Hinzing, Mühlen – Eglsee, Wolkersdorf und Nußdorf in Betrieb. Mit Ausnahme der Gruben bei Kraimoos wird das Grundwasser nicht freigelegt. Die Grubentiefen betragen bei Erlstätt und Wolkersdorf 15 m bis 20 m, bei Nußdorf und Natzing 10 m bis 13 m und im Gebiet südlich von Hinzing ca. 10 m. Östlich von Chieming werden im kombinierten Trocken-/Naßabbau ebenfalls 12 m bis 13 m abgebaut. Das Material dient als Baurohstoff, zum Straßen- und Wegebau, zur Herstellung von Transportbeton und Asphaltmischgut im Bereich westlich und östlich des Chiemsees.

Schmelzwasserrinnen des Salzachgletschers westlich des Salzachtales

(Ulrich Lagally)

Im bayerischen Teil des Jungmoränengebietes des Salzachvorlandgletschers sind nur in zwei Schmelzwasserrinnen Schotter von wirtschaftlicher Bedeutung. Die westliche beginnt südlich von Oberroidham und erstreckt sich als ca. 2 km bis 4 km breite Schotterflur über Guggenberg und Meggenthal nach Norden. Ungefähr 1 km östlich von Tyrlaching endet sie an den Würmendmoränen, durch die sich die Schmelzwässer nur einen sehr schmalen Durchlaß schaffen konnten. Die Quartärmächtigkeiten in diesem Gebiet können bis 130 m erreichen, jedoch repräsentieren sie überwiegend ältere Ablagerungen. Die würmeiszeitlichen Schotter nehmen nur die obersten 10er-Meter ein. Ebenso wie die ständig wechselnde Schottermächtigkeit variiert auch der Grundwasserspiegel. Die obersten 6 m bis 9 m sind aber in der Regel grundwasserfrei.

Die östliche Schmelzwasserrinne ist bedeutend schmäler und verläuft aus dem Raum Egling, westlich vorbei an Tengling, über Helmberg und Lanzing zur Salzach nördlich von Tittmoning, wo sie eine Breite von mehreren Kilometern erreicht. Dort ist sie großflächig, in ihrem sonstigen Verlauf sporadisch, mit unterschiedlichen Moorbildungen überdeckt. Die Verteilung abbauwürdiger Schotter ist auch hier unregelmäßig.

Die Schotter sind vorwiegend unsortierte, sandig-schluffige, manchmal bindige Fein- bis Mittelkiese. Sie zeigen deutliche Schichtung und sind horizontal abgesetzt. Gelegentlich führen sie sehr feinkörnige Einschaltungen geringer Mächtigkeit. Die überwiegend frischen Gerölle (Kalkalpin, Flysch, Kristallin) sind oft nur kantengerundet.

Stellenweise wurden die Kiese in bis zu 5 m tiefen Gruben für den lokalen Bedarf abgegraben. Zur Zeit ist nur eine Grube bei Meggenthal in Betrieb, in der bis zu 8 m lehmige Kiese im Trockenabbau gewonnen werden.

Spätglaziale Terrassen- und Deltaschüttungen kommen weiterhin vor allem westlich des Tachinger – Waginger Sees vor. Sie wurden sporadisch für den lokalen Bedarf genützt, werden derzeit jedoch nur in einer Grube östlich von Waging abgebaut.

Tal der Saalach und Salzach zwischen Bad Reichenhall und Nonnreit

(Ulrich Lagally)

Das Tal der Saalach/Salzach begleiten auf bayerischem Staatsgebiet stellenweise ausgedehnte spät- bis nachwürmeiszeitliche Schotterfluren; sie finden sich zwischen Hammerau und Triebenbach sowie zwischen Obergeisenfelden und Tittmoning. Die Terrassenflächen erreichen zwischen der Salzachaue und den Jungmoränen bei Freilassing eine Breite von ca. 4 km, im Norden bei Pietling von 2 km. Sie sind in sich nur wenig gegliedert, jedoch deutlich gegen die Auenstufen der Salzach abgesetzt.

Die pleistozänen und holozänen Terrassenschotter erreichen ihre größten Mächtigkeiten südlich von Freilassing mit mindestens 20 m; nach Norden zu dünnen sie auf ca. 10 m bei Surheim aus. Der Grundwasserspiegel liegt im gesamten Bereich der Freilassinger Schotterterrasse 8 m bis 10 m unter Flur. Neben normalen Bodenbildungen findet sich verbreitet eine bis ca. 1 m mächtige Schwemmlehm- und Mergeldecke als Überlagerung.

Die Tittmoninger Terrasse hat vorwiegend holozänes Alter. Sie weist ebenfalls nur geringes Relief auf und liegt wenige Meter über der Talaue. Die Schotter erreichen stellenweise eine Mächtigkeit von mehr als 7 m, sind jedoch bisher noch nicht genügend untersucht. Das Grundwasser steht, soweit bekannt, 3 m bis 4 m unter Flur an. Die Bodenüberdeckung ist meist gering.

Ausbildung und Eigenschaften: Im allgemeinen liegen schlecht sortierte Fein- bis Grobkiese in der deutlich geschichteten Abfolge vor. Feinsandige bis schluffige Anteile finden sich als Grundmasse wie als Einschaltungen. Die meist frischen Gerölle sind schlecht gerundet bis kantig und zu etwa 90% kalkalpiner Herkunft. Der Rest stammt aus der Flyschzone und den Zentralalpen.

Gewinnung und Verwendung: Größere Gewinnungsbetriebe der spät- und postglazialen Salzachschotter sind auf den Raum Freilassing – Laufen beschränkt. Dort werden meist im Trockenabbau, bei Ainring jedoch auch aus dem Grundwasserbereich Kiese und Sande gewonnen, die teils als Schüttmaterial, teils als Zuschlag zur Transportbeton- und Bitumenkiesherstellung, daneben im Hoch- und Tiefbau Verwendung finden. Im Tittmoninger Feld gelegene Abgrabungen werden nur sporadisch zur Deckung des lokalen Bedarfs betrieben.

Schmelzwasserrinnen und Schotterfluren im Vorfeld der Jungmoräne zwischen Maithenbeth und Alztal

(Ulrich Lagally)

Zwischen den jungpleistozänen Endmoränen und den Altmoränen wurde im Raum Maithenbeth – Haag – Ramsau ein bis max. 1 km breiter Streifen von pleistozänen und holozänen Schottern abgelagert. Sie erreichen durchschnittlich 15 m bis 20 m Mächtigkeit, örtlich auch wesentlich mehr. Der Flurabstand des Grundwassers beträgt südlich der B12 mindestens 14 m und nimmt zur Altmoräne hin ab. Von den Moränen her ist stellenweise bindiges Material eingeschwemmt.

Vor den Würmendmoränen zwischen Inn und Alz sind nur in wenigen Abflußrinnen Niederterrassen ausgebildet. Die westlichste und in ihrer Ausdehnung bedeutendste zieht als bis zu 2 km breite Schotterflur aus dem Raum Schnaitsee nach Nordosten, wo sie östlich von Waldhausen an die lehmbedeckte Hochterrasse angelagert ist. Ein ähnliches, jedoch sehr viel schmäleres Niederterrassenvorkommen, in dem Abbautiefen von über 11 m erreicht werden, findet sich nordwestlich von Kienberg.

Im Gebiet Obing – Altenmarkt liegt zwischen den Jungmoränen bei Seeon und den älteren Glazialablagerungen bei Kirchberg – St. Wolfgang eine Schotterflur, die bis zu 3 km breit ist; nach Norden geht sie über in einen schmalen Niederterrassenstreifen, der über Pößmoos und Witzmoning nach Nordosten verläuft. Die Schotterflur baut sich aus Sanden und Kiesen auf, die im Vorfeld der Endmoränen während der Würmeiszeit abgelagert wurden, und schließt unmittelbar an die spätglaziale Eiszerfallslandschaft von Seeon an.

Die Niederterrassen setzen sich aus sandigen bis stark sandigen Kiesen zusammen. Stellenweise finden sich reine Sand- und Kieslagen in den überwiegend gut geschichteten Schotterkörpern. Die Gerölle, die bis zu 25 cm Durchmesser erreichen, sind gut gerundet und frisch; neben Karbonaten finden sind 35–40% Quarz- und Kristallinkomponenten. Im allgemeinen sind die Schotter unverfestigt, kalkig verbackene Lagen und Nagelfluhbildungen treten nur selten auf.

Eine wirtschaftliche Nutzung erfolgt nur an wenigen Stellen wie z.B. bei Großbergham und südlich von Winden. Vorwiegend wegen des geringen Bedarfs und einer Vielzahl kleiner Gewinnungsstätten sind die Vorkommen bezüglich ihrer Mächtigkeit, Grundwasserverhältnisse und Überdeckung bislang meist noch nicht genügend untersucht worden.

Trauntal zwischen Traunstein und Altenmarkt

(Ulrich Lagally)

Die Traun verläuft zwischen Traunstein und Irsing am Außenrand der Würmendmoränen in nordwestlicher Richtung und biegt in der Nähe von Stein nach Norden um. Im gesamten Talgebiet sind vor allem westlich des Flusses ausgedehnte Niederterrassenfelder und spät- bis postglaziale Terrassen aufgeschüt-

tet; sie sind meist 0,5 km bis 1 km breit. Östlich der Traun bilden sie bei Traunwalchen eine mehrere Kilometer lange und über 1 km breite Verebnungsfläche. Eine ähnliche Fläche befindet sich beiderseits der Traun bis an die Alz reichend im Raum Weisbrunn – Aming – Stein – Offling. Von der Talaue, die meist 20 m bis 30 m unter den höchstgelegenen Niederterrassenniveaus liegt, sind die Schotter durch mehrere Stufen abgesetzt. Die Schottermächtigkeit liegt nahe der Endmoränen, wo der Flurabstand des Grundwassers mehr als 20 m beträgt, in der Größenordnung von 20 m bis 30 m, östlich der Traun bei St. Georgen erreicht sie mindestens noch 15 m; der Grundwasserspiegel findet sich dort 30 m unter Gelände. Bei Traunwalchen geht sie auf 7 m bis 10 m zurück. Neben normaler Bodenbildung findet sich eine bis zu 1 m dicke lehmige Deckschicht vorwiegend auf den nacheiszeitlichen Bildungen.

Ausbildung und Eigenschaften: Die im Vorfeld der Jungmoränen abgelagerten Schotterfelder sind im großen und ganzen aus schlecht sortierten, mittel- bis grobsandigen, z.T. leicht schluffigen Fein- bis Grobkiesen mit hohem Steinanteil aufgebaut. In die schichtige Abfolge, die Horizonte relativ gleichkörniger Kiese neben unsortierten Lagen zeigt, sind sandig-schluffige Partien eingeschaltet. Stellenweise finden sich Nagelfluh-Bänke. Die Gerölle sind überwiegend kalkalpiner, aber auch recht häufig zentralalpiner Herkunft. Sie sind meist frisch und zeigen kantengerundete bis abgerollte Kornform.

Gewinnung und Verwendung: Derzeit betriebene Gewinnungsstellen finden sich auf der Westseite des Trauntales bei Aiging und Diepling. Dort werden unverfestigte Schotter im Trockenabbau bei Grubentiefen von mehr als 20 m gewonnen. Das Material findet Verwendung als Schüttgut zum Straßen- und Wegebau, im Hoch- und Tiefbau und zur Herstellung von Bitumenkies; es wird vorwiegend im Raum Traunstein – Traunreut – Stein sowie in den östlich davon gelegenen Gebieten abgesetzt.

Alztal zwischen Altenmarkt und Burgkirchen

(Ulrich Lagally)

Das Alztal verläuft von Altenmarkt bis Garching in nördlicher Richtung mit einer durchschnittlichen Breite von 1 km bis 1,5 km. Südlich von Tacherting erreicht es mit über 2 km seine größte Breite. Es ist gefüllt mit Niederterrassenschottern westlich und stellenweise östlich der Flußaue, postglazialen Schottern und Auensedimenten.

Die wichtigsten Kiesvorkommen stellen die Niederterrassen östlich von Trostberg und vor allem im Tachertinger Feld dar. Dabei handelt es sich um mehrfach gegliederte Schotterfluren von bis zu 1,5 km Breite, der zur Talaue hin stellenweise max. 0,5 km breite, postglaziale Terrassen angelagert sind. Im Tachertinger Feld werden Mächtigkeiten von ca. 50 m, bei Heiligkreuz von ungefähr 25 m erreicht. Der Flurabstand des Grundwassers liegt am Südende des Tachertinger Feldes bei ca. 27 m und nimmt nach Norden stetig ab.

Bei Garching biegt das Alztal in nordöstliche Richtung um und behält eine durchschnittliche Breite von ca. 1 km bei. Zwischen der Alz und dem Alzkanal bei Garching liegt ein 1,5 km breites Niederterrassenfeld, das durch eine deutliche Geländestufe von der ca. 15 m tiefer liegenden Flußaue abgegrenzt wird. Seine Mächtigkeit beläuft sich auf mehr als 25 m, darunter folgen ältere Quartärsedimente. Der Grundwasserspiegel liegt ca. 20 m unter Flur.

Weiter flußabwärts befindet sich am südlichen Alzufer eine weitere Niederterrasse über der bereichsweise zwischen Garching und Burgkirchen den Fluß begleitenden, ca. 500 m breiten holozänen Terrasse. Sie erreicht ihre größte Breite mit ca. 500 m bei Gufflham. Ihre Mächtigkeit dürfte bei ca. 20 m liegen, der Grundwasserspiegel etwa im Niveau des Vorfluters.

Bei Brunntal oberhalb Garching mündet von Osten das Brunntal, das sich aus dem Pallinger Feld entwickelt, ins Alztal. Es ist angefüllt mit Niederterrassenschottern, darunter auch Rißschottern, die südlich von Palling 8 m, bei Kaps beinahe 20 m Mächtigkeit erreichen, welche nach Norden auf 10 m bis 15 m abnimmt. Der Grundwasserspiegel, der bei Palling mindestens 11 m unter Flur liegt, findet sich nach Norden zu bei 5 m bis 7 m unter Gelände.

Die Niederterrassen tragen gewöhnlich nur eine dünne Bodenschicht von 0,2 m bis 0,5 m Mächtigkeit. Auf die tiefer liegenden, jüngeren Terrassen wurden bereichsweise Feinsedimente aufgeschwemmt, welche jedoch im Vergleich zu anderen voralpinen Flußtälern relativ geringmächtig sind.

Ausbildung und Eigenschaften: Die Niederterrassen des Alztales und des Brunntales sowie die als ihre wahrscheinlichen Umlagerungsprodukte abgesetzten postglazialen Schotter bestehen aus schlecht sortierten, sandigen bis stark sandigen Fein- bis Grobkiesen mit vereinzelten Steinen und groben Blöcken. Sie zeigen einen deutlich schichtigen Aufbau und nur stellenweise nagelfluhartige Verfestigungen. Vereinzelt finden sich dünne Sandlagen. Die Gerölle sind überwiegend frisch und kantengerundet. Es überwiegen Karbonate (60–65%) gegenüber Quarzen und Kristallingesteinen (ca. 30%).

Gewinnung und Verwendung: Im Alztal sowie untergeordnet im Brunntal wird Kies im Tachertinger Feld, im Pallinger Feld sowie an der Alz bei Brunntal, Garching und Achfeld abgebaut. Mit Ausnahme des Betriebes bei Unterbrunnham wird bei Grubentiefen bis über 25 m das Grundwasser nicht aufgeschlossen. Das Material findet Verwendung im Straßen-, Hoch- und Tiefbau, bei der Herstellung von Transportbeton, Betonfertigteilen und bituminösen Fahrbahndecken.

Talgebiet des Inn zwischen Gars und Salzachmündung

(Ulrich Lagally)

Von den Endmoränen bei Gars flußabwärts begleiten den Inn weitgestreckte Niederterrassen und spät- bis postglaziale Schotterfluren. Sie hängen zusammen mit ähnlichen Ablagerungen, die im Bereich von Alz und Inn außerhalb des Hochterrassengebietes bei Burgkirchen und Burghausen aufgeschottert wurden.

Das erste und zugleich in bezug auf die Mächtigkeit bedeutendste Niederterrassenfeld am Inn befindet sich zwischen Gars, Jettenbach und Wang. Es liegt zum größten Teil südlich des Inn und bedeckt dort eine Fläche von ca. 4 km Breite. Die oberste Terrasse ist, z. T. durch mehrere Stufen von insgesamt ca. 70 m bis 80 m Höhendifferenz, von den postglazialen Schotterflächen des Flußtales abgesetzt. Die Kiese können Mächtigkeiten von 60 m und mehr erreichen. Der Grundwasserspiegel liegt am Nordende der Niederterrasse mehr als 40 m unter Flur und steigt nach Süden zur Endmoräne hin an.

Südlich von Aschau setzt die nördliche Inn-Niederterrasse ein, die sich in einer Breite von ca. 3 km bis 4 km nach Nordosten erstreckt. Bei Ampfing biegt sie nach Osten um und verläuft zwischen Isen und Inn, an Breite abnehmend, bis Osterham bei Töging. Zwischen Mühldorf und dem Innknie bei Marktl sind ihr spät- und postglaziale Erosionsterrassen angelagert, die bei Perach bis zu 1 km breit werden.

Die Niederterrasse ist aus bis zu 40 m mächtigen Würmschottern aufgebaut, die im Bereich Aschau – Waldkraiburg mehr als 100 m mächtige Schotter, z. T. auch Moränen älterer Vereisungen, überlagern. Nach Osten nehmen die Quartärmächtigkeiten schnell ab und erreichen im Raum Mößling – Töging – Osterham selten mehr als 15 m. Im Bereich der jüngeren, durch Erosionskanten abgesetzten Terrassen sind sie entsprechend dünner und liegen bei ca. 8 m. Grundwasser steht nahe der Isen durchschnittlich 5 m unter Flur, sinkt jedoch nach Süden zum Inn ab. Im Raum Aschau – Ampfing – Mühldorf liegt es 20 m bis mehr als 30 m unter Flur, bei Mößling und Töging ca. 13 m. In den nahe der Flußaue gelegenen jüngeren Terrassen bei Winhöring findet es sich bis wenige Meter unter der Geländeoberkante. Überdeckt sind die Niederterrassen, vor allem im Westteil und in ehemaligen Altwasserbereichen, mit bis zu 1 m mächtigen, lehmigen Sanden und Lößlehm.

An seinem Südufer begleiten den Inn von Winkelham östlich von Jettenbach bis zur Salzachmündung würm- und postwürmglaziale Schotterfelder. Während sich bis südlich von Mühldorf fast ausschließlich morphologisch wenig gegliederte, durchschnittlich 2 km bis 4 km breite, spät- und postglaziale Terrassenflächen finden, treten von dort weiter nach Osten bis zu 3 km breite, nahezu ungegliederte Niederterrassen auf. Sie schließen bei Polling – Tüßling direkt an die Hochterrassen an, sind weiter nach Osten in ihrem Südteil von jungen Talfüllungen und Moorbildungen überdeckt und grenzen im Norden an die schmäler werdenden, flußbegleitenden jungen Terrassen. In Raum Neuötting, Burgkirchen, Burghausen, Haiming und Marktl nehmen Niederterrassen eine weite Fläche von ca. 16 km Länge und 7 km Breite ein. Ihnen sind am Inn, entlang der Alz und der Salzach holozäne Terrassen von ca. 2 km Breite vorgelagert.

Die würm- und nachwürmeiszeitlichen Schotter, welche stellenweise vor allem östlich von Altötting schwer von älteren, unterlagernden Glazialabsätzen abzutrennen sind, nehmen im allgemeinen von West nach Ost an Mächtigkeit zu. Südlich von Mühldorf werden sie 8 m bis 10 m, bei Polling sogar bis ca. 30 m mächtig. Östlich von Teising erreichen sie 20 m, bei Altötting über 30 m und im Bereich zwischen Alz und Inn 20 m bis 30 m. Holozäne Terrassen sind durchschnittlich ca. 10 m mächtig.

Das Grundwasser steht in den jungen Terrassen wenige Meter unter Flur, tritt stellenweise, wie südlich von Mühldorf und östlich von Tüßling, an die Oberfläche, wo es Moorbildungen unterschiedlicher Art bedingt. Im Bereich der Niederterrassen liegt es in der Regel 15 m bis 20 m, stellenweise, wie z.B. bei Altötting und Burghausen, sogar bis 30 m unter Flur. Auch diese Schotterflächen sind bereichsweise von einer ca. 1 m dicken Deckschicht (Boden, lehmiger Sand etc.) überlagert.

Ausbildung und Eigenschaften: Die Niederterrassenschotter sind vorwiegend schlecht sortierte, sandige bis stark sandige Fein- bis Grobkiese mit Steinen. Sie sind meist horizontal geschichtet, auch kreuzgeschichtet und zeigen Wechsellagerung von Kiesen unterschiedlicher Korngröße und Sandlagen. Die Gerölle haben Durchmesser bis zu 20 cm, sind kantengerundet bis gut abgerollt und meist frisch. Im Talbereich des Inn überwiegen kristalline Komponenten (50–80%), während der kalkalpine Anteil im Bereich des Salzachgletschers bis zu 90% erreicht. Stellenweise finden sich Partien, die nagelfluhartig verfestigt sind; sie sind jedoch nach Ausdehnung und Mächtigkeit von nachrangiger Bedeutung. Tonig-schluffige Matrix tritt vor allem nahe der Endmoränen und lehmbedeckten Hochterrassen auf, flußabwärts ist diese Fraktion großenteils ausgewaschen. Stellenweise sind die Gerölle gut sortierter Riesellagen geringer Mächtigkeiten mit Manganoxid überzogen. In den jüngeren Schotterterrassen findet sich meist feinerkörniges Material bei ähnlicher stofflicher Zusammensetzung. Jedoch tragen diese fast immer eine sandig-schluffige Deckschicht.

Gewinnung und Verwendung: Die Niederterrassen und spät- bis postglazialen Schotterfelder im unteren Inntal und entlang der Zuflüsse Alz und Salzach zählen zu den größten zusammenhängenden und mächtigsten Quartärvorkommen Bayerns. Sie stellen aus geologisch-lagerstättenkundlicher Sicht ein auch langfristig kaum zu erschöpfendes Rohstoffreservoir für diese Region dar. Aufgrund konkurrierender Nutzungsansprüche kommt es jedoch gerade im Bereich der ergiebigsten Lagerstätten zu Konfliktsituationen, die nur unter Berücksichtigung der Ziele einer langfristigen Rohstoffplanung befriedigend gelöst werden können.

Kiesabbaustellen befinden sich entlang des Inns im Bereich Gars, Aschau und Jettenbach, in der Ampfinger Niederterrasse südlich und westlich von Ampfing, bei Mühldorf, Töging, Hart, Aufham sowie bei Perach. Auf der südlichen Innseite liegen bedeutende Kiesgruben erst im Bereich Teising – Altötting, bei Emmerting und Haiming. Die meisten Gruben werden als Trockenabbau mit Wandhöhen von meist 10 m bis 15 m, stellenweise über 20 m bis zu 40 m geführt. Naßabbau findet sich im Ostteil der Ampfinger Terrasse.

Die würm- und nachwürmeiszeitlichen Kiese sind ein gefragter Rohstoff für den Hoch- und Tiefbau. Daneben finden sie Verwendung als Schüttmaterial im Straßenbau, in aufbereiteter Form als Zuschlag für Transportbeton und Fahrbahndecken, bei der Herstellung von Betonfertigteilen aller Art usw. Ihr Einsatzbereich liegt vorwiegend im Inntal, doch wird auch das an hochqualitativen Kiesen arme tertiäre Hügelland im Norden beliefert.

Inntal zwischen Marktl und Simbach

(HERMANN WEINIG)

Der Innbogen zwischen Marktl und Simbach trennt einen Talraum ab, der die östliche Fortsetzung der Niederterrassen des Gebietes Ampfing – Altötting – Burghausen darstellt. Auch hier handelt es sich um eine mehrfach getreppte Niederterrasse, der jüngere Stufen vorgelagert sind.

Die größte Verbreitung und Bedeutung als Kiesvorkommen besitzt die älteste, 20 m über die Flußaue ansteigende Terrassenfläche, der weitere Terrassen vorgelagert sind, die etwa 12–15 m und 4–8 m relative Höhe erreichen. Die Niederterrassentreppe ist erosiver Entstehung, liegt also einem ungestuften Tertiärrelief auf, das allerdings nach Norden vermutlich etwas ansteigt. Die Bereiche größter Schottermächtigkeiten dürften daher in den Randlagen der 20-m-Terrasse, die nördlich der Linie Stolln – Berg – südlich Forsthütte Julbacher Hart – Deindorf verläuft, vorliegen. Dort sind etwa 15–20 m mächtige Kiese zu erwarten, von denen 6–8 m trockenliegen. Jedoch sind auch weite Gebiete nördlich davon abbaufähig und weisen vermutlich noch Mächtigkeiten in der Größenordnung von 12–15 m auf. Die südlich der Hauptterrassenkante liegenden Kiese besitzen Mächtigkeiten um und unter 10 m, die jüngste Innaue selbst führt nur wenige Meter Kiese, die ganz im Grundwasserbereich liegen.

Die sehr bunt zusammengesetzten, da kristallinreichen Schotter zeigen deutlichen Lagenwechsel von sandreicheren und gröberen Schotterlagen mit Steinanteilen. Grobschotter herrscht vor.

Die Innterrassen zwischen Marktl und Simbach sind in ihrem höchsten Niveau bereits an mehreren Stellen teils in der Nähe des Terrassenrandes, teils auch in zentralen Teilen durch Kiesgewinnung beansprucht. Zweckmäßigerweise wird künftiger Kiesabbau an diesen Stellen anschließen, wobei Trockenabbau möglich wäre, allerdings unter Verzicht auf die gute Hälfte der potentiell zur Verfügung stehenden Schottermächtigkeiten.

Inntal zwischen Simbach und Neuhaus

(HERMANN WEINIG)

Das Tal des Unteren Inn zwischen Simbach und Schärding stellt ein durch den Verlauf der Landesgrenze von den flußaufwärts liegenden Talräumen abgetrenntes Kiesverbreitungsgebiet dar.

Die Schotterablagerungen sind als würmeiszeitliche (Niederterrasse), untergeordnet auch als nacheiszeitliche Ablagerungen des Inn einzuordnen, die nördlich der Linie Pocking – Neuhaus von den Talsedimenten der Rott überlagert bzw. durchmischt werden. Die würmeiszeitlichen Schotter gliedern sich in drei Terrassen auf, von denen die höchste im Südwesten bei Kirchham noch 15 m, bei Mittich nur noch etwa 7 m über der Flußaue des Inn liegt. Zwischen Malching und Füssing sowie bei Prenzing ist eine weitere, gut erkennbare, etwa 10 m über der Flußaue liegende Terrasse ausgebildet, während der tiefste Bereich der Niederter-

rasse – durch einige Zwischenstufen geringer Höhe untergliedert – 3 bis 6 m über der Innaue liegt. Die junge, auwaldbestockte, von Altwasserarmen und trockenliegenden Innschleifen durchzogene Flußaue begleitet den Fluß in einer Breite von 1–2 km.

Da die Terrassen des Inntales ihrer Entstehung nach Erosionsterrassen darstellen, bilden diese einen einheitlich geschütteten, lediglich an der Oberfläche getreppten Schotterkörper. Den Terrassenkanten entsprechen keine Niveauunterschiede der tertiären Schotterbasis. Das aus Feinsedimenten bestehende Tertiär unterlagert das Innquartär mit einer ungestuften, möglicherweise leicht gegen die Talmitte eingemuldeten Oberfläche.

Die größten Schottermächtigkeiten treten daher unter den höhergelegenen Terrassen auf: Im Südwesteil des 15 (–7) m-Niveaus erreicht die Niederterrasse Mächtigkeiten zwischen 13 und 17 m, die sich bis Pocking auf 10–12 m verringern und gegen Mittich auf etwas unter 10 m abnehmen dürften. Im Bereich des 10 m-Niveaus betragen die Schottermächtigkeiten durchschnittlich 10–12 m, die auf dem 6–3 m-Niveau auf 6 bis maximal 10 m reduziert sind. Unter der Innaue finden sich nur noch Schotterlagen von meist weniger als 5 m Mächtigkeit.

Auf allen Schotterterrassen kann eine geringmächtige Lehmdecke ausgebildet sein, die jedoch einer Kiesgewinnung nicht hinderlich ist. Lediglich in der Nähe des nördlichen Talhanges können lehmige Schwemmschürzen Mächtigkeiten bis zu wenigen Metern annehmen.

Die Grundwasserführung der Schotter hängt ebenfalls von ihrer relativen Höhenlage über dem Inn ab, von dem aus die Grundwasseroberfläche leicht gegen Westen ansteigt. Grundsätzlich sind unter den hochliegenden Terrassenniveaus größere Flurabstände des Grundwassers zu erwarten, wobei innerhalb einer Terrassenfläche wiederum deren südöstliche, randnahe Bereiche die größten Flurabstände aufweisen. So treten unter dem 17 (–7) m-Niveau nahe dem Terrassenrand Malching – Pfaffing Flurabstände von 6–8 m auf. Sie nehmen gegen den Talrand wie auch im Raum Pocking – Mittich auf 3–5 m ab. Unter dem 10 m- und dem 6–3 m-Niveau befindet sich das Grundwasser je nach Lage zum Terrassenrand 2–5 m unter Flur, während es im Bereich der Flußaue des Inn nahe der Oberfläche auftritt.

Ausbildung und Eigenschaften: Die durchweg unverfestigten Schotter der Innterrassen setzen sich zusammen aus sandigen Kiesen der Fein-, Mittel- und Grobfraktion bei bisweilen beträchtlichem Steinanteil. Das Profil zeigt meist einen lagigen Wechsel von mehr feineren, sandreichen und gröberen Partien, die insgesamt vorherrschend sind. Der Geröllbestand besteht aus einem hohen Anteil an Quarzen und anderen, meist harten kristallinen Gesteinen sowie Kalken und Dolomiten.

Insgesamt handelt es sich um ein bunt zusammengesetztes Geröllspektrum, in dem fast nur frische, unverwitterte Komponenten auftreten, wobei Härtlinge vorherrschen. Die Schottervorkommen des Inntales sind daher als Kiesvorkommen von hoher Qualität anzusehen. Einen gewissen Nachteil stellt der erhöhte Anteil an Überkorn dar, der wegen seines hohen Gehaltes an kristallinen Härtlingen die Brechvorrichtungen stark beansprucht.

Die Schotter der holozänen Flußaue stellen im wesentlichen umgelagertes Niederterrassenmaterial dar, das vor allem im oberen Profilteil stärker sandig ausgebildet sein dürfte und teils von einer mächtigeren Decke lehmig-sandiger Hochwasserabsätze bedeckt ist.

Gewinnung und Verwendung: Der Abbau von Kiesen war bisher in der Regel mit der Schaffung von Baggerseen verbunden. Vor allem von der oberen Terrassenkante ausgehend wäre, freilich unter Verzicht auf mehrere Meter Schotter, bereichsweise auch Trockenabbau möglich. Die bisherigen Kiesgruben sind überwiegend auf den beiden oberen Terrassen, also im Bereich hoher Kiesmächtigkeiten angelegt. Abbaue im 6–3-m-Niveau sind nur sporadisch und jeweils in geringem Umfang in Betrieb. Von der Kiesgewinnung im Bereich der Innaue ist aus geologischer Sicht abzuraten. Die als hochwertiger Rohstoff der Bauindustrie einzustufenden Schotter des Unteren Inntales stellen noch große Rohstoffreserven dar, die trotz der relativ nahe gelegenen Schotter des Raumes Passau – Ortenburg (vgl. Nr. 810) oder der westlich gelegenen Innkiese und Peracher Schotter (vgl. Nr. 811) auch künftig berechtigterweise im Abbauinteresse stehen werden. Optimale Rohstoffausbeute ist dabei vor allem im Bereich der beiden oberen Terrassen im Raum Pocking – Füssing – Malching zu erwarten, auch wenn größere Areale dieses Gebietes bereits durch Bebauung belegt sind.

Stand 2000

Donautal

(Hermann Weinig)

Bereich Ulm – Donauwörth

Die als Donauried bezeichnete Talaue der Donau zwischen Ulm und Donauwörth umfaßt die quartären Schottereinheiten der Niederterrasse und postglazialer Aufschüttungsphasen. Als jüngster Talbereich tritt nahezu im gesamten Talabschnitt die zumeist waldbestandene Auenstufe deutlich hervor, wobei ihre durch junge Flußschlingen markant geprägte Oberfläche nahezu in gleicher Höhenlage auftritt wie die übrigen Schotter des Postglazials. An diese schließt die Niederterrasse an, die nur zwischen Gundremmingen und etwa Kicklingen durch eine 1–2 m hohe Geländestufe abgehoben ist. Im übrigen Talbereich stoßen nacheiszeitliche Talaue und Niederterrasse ohne an der Oberfläche sichtbare Grenze aneinander. Die weitgehende Niveaugleichheit der verschiedenen Talschotter macht einen ebenso stufenlosen Übergang ihrer tertiären Unterlage wahrscheinlich, die sich auch sonst kaum durch stärkere Reliefunterschiede auszuzeichnen scheint.

Im westlichen Donauried treten in der Regel geringe, meist nur zwischen 4 und 6 m liegende Schottermächtigkeiten auf, die vor allem in Donaunähe geringe Werte um 4 m annehmen können, während in den zentralen Teilen des Donauriedes auch Mächtigkeiten bis zu 8 m angetroffen werden. Auch die Schottermächtigkeiten des westlichen Donauriedes liegen meist recht einheitlich bei etwa 6 m. Freilich muß auch hier mit Mulden und Rückenlagen gerechnet werden. So wurden in Talmitte,

vor allem aber in Donaunähe neben den genannten Mittelwerten auch Mächtigkeiten bis über 10 m angetroffen. Ebenso steigen die Schottermächtigkeiten zur Einmündung des Lechtales hin bis auf 10 m an.

Die Talschotter tragen folgende Decksedimente: Neben dem Relikt eines kiesig-sandig ausgebildeten Schwemmfächers der Mindel sind lehmige Schwemmschürzen nahezu entlang des gesamten südlichen Talrandes ausgebildet und behindern dort eine Kiesgewinnung. Schluffig-lehmige Auensedimente sind in Mächtigkeiten bis zu 2 m vornehmlich in jungen, flußnahen Talbereichen etwa als Füllung von Flußrinnen anzutreffen, während sie auf weiten Bereichen, vor allem auf der morphologisch hervortretenden Niederterrasse auch fehlen oder stark reduziert sind.

Das ausgedehnte Niedermoor des „Donaumooses" besitzt Torfmächtigkeiten bis zu 2 m. Es liegt meist der schluffig-tonigen Deckschicht auf. Ein weiteres Niedermoor bildete sich westlich des Lechschwemmfächers bei Mertingen. Sonst reichte die im gesamten Donauried weit verbreitete Torfbildung nur zur Entstehung von Anmooren aus, die heute weitgehend als grundwasserfreie, mineralisierte Moorböden vorliegen und für die Kiesgewinnung kein Hindernis darstellen.

Die Schotter der Talaue sind bis in Flurnähe (0,5–1,5 m) von Grundwasser erfüllt, wobei lediglich die nördlichen Teile der Niederterrasse bis zu einigen Metern über dessen Oberfläche herausgehoben sind.

Ausbildung und Eigenschaften: Die Schotter des Donauriedes bestehen aus sandigen Kiesen, die über ein weites Korngrößenspektrum gestuft sind. Allgemein überwiegt Grobkiescharakter. Abschlämmbare Bestandteile treten örtlich als Schlufflagen, vor allem in jüngeren, donaunahen Schottern auf. Der Geröllbestand setzt sich überwiegend aus kristallinen Geröllen zusammen, neben denen aber auch kalkalpine Karbonate und andere Komponenten, wie Flyschquarzite, reichlich vertreten sind. Die Schotter des Donauriedes besitzen somit ein auffallend buntes Geröllspektrum. Die Schotter liegen durchweg in unverwittertem Zustand vor, wobei brüchige Komponenten fehlen.

Gewinnung und Verwendung: Kiesgewinnung ist im Bereich der Talaue des Donauriedes immer mit der Aufdeckung von Grundwasser verbunden.

Die Schotter des Donauriedes wurden seit jeher an vielen Stellen abgebaut. Während sich die frühere Kiesgewinnung vor allem auf den Bereich der Auwaldstufe konzentrierte, werden heute Abbaue in diesem Bereich in der Regel nur noch zum Zweck der Weiterführung oder der Abrundung bestehender Gruben, nicht mehr jedoch als Neuabbau zugelassen. Eine Ordnung bzw. Sanierung früherer ungeregelter Abbaue ist im Gange.

Die heutigen Abbauschwerpunkte befinden sich in der Regel inmitten der weiten Talaue des Donauriedes nördlich Binswangen – Kicklingen, im Talbereich südlich Lauingen – Dillingen sowie südlich und westlich des Donaumooses im Raum Günzburg/Leipheim – Riedhausen – Gundelfingen. In Donaunähe bestehen noch einige größere Abbaue vor allem im östlichen Donauried zwischen Dillingen und Donauwörth.

Das Schottermaterial des Donauriedes ist als hochwertiger, in allen betreffenden Bereichen der Bauwirtschaft eingesetztes Rohmaterial gefragt. Die Lage des Donauriedes im Süden des praktisch kiesfreien schwäbisch-fränkischen Jura und Schichtstufenlandes macht es zu einem Baustoffverbreitungsgebiet von überregionaler Bedeutung. Neben der Belieferung des bayerischen Nordschwabens reicht die Kiesversorgung aus dem Donauried zusammen mit den Gewinnungsgebieten Oberschwabens weit in den württembergischen Raum hinein und berührt dort z.B. im Raum Stuttgart die durch Kiese aus dem Oberrheintal belieferten Gebiete. Die Bedeutung des Donauriedes als unverzichtbare Baustoffreserve wird folglich auch in Zukunft erhalten bleiben. Der heute nach sorgfältiger Planung betriebenen Kiesgewinnung bieten sich vor allem im westlichen Donauried noch genügend Freiräume, die einen Ausgleich der Interessen, auch mit denen des Natur- und Landschaftsschutzes, möglich machen.

Stand 2000

Lechmündungsgebiet

Der Großraum des Lechmündungsgebietes liegt zentral zwischen den bedeutenden Kiesgewinnungsgebieten des Donauriedes, des Lechtales sowie des Ingolstädter Beckens. Da dieser Raum einerseits ein wichtiges Kiesverbreitungsgebiet in günstiger Verkehrslage darstellt, andererseits aber auch im Interesse wichtiger anderer Ziele (Siedlung, Wasserwirtschaft, Landschaftsschutz) steht, soll die Vereinigung beider Talräume einer kurzen eigenen Betrachtung unterzogen werden.

Die jungquartären Ablagerungen des Lechtales treten in das Talgebiet der Donau nach Art eines weit gespannten Schwemmfächers ein, der von Donaumaterial weitgehend frei sein dürfte. Dieser Fächer, der vom Mertinger Moorgebiet im Westen bis etwa zum heutigen Lechlauf reicht, drängte die Donau zwischen Erlingshofen und Marxheim dicht an den nördlichen Talrand. Erst dort, im Gebiet des Donaulaufes, sowie im Talraum zwischen Lechmündung und Stepperg mischen und verzahnen sich Donau- und Lechmaterial (s. dort). Es handelt sich um sandige Kiese bester Materialqualität, die alle in der Bautechnik benötigten Kornfraktionen im günstigen Verhältnis aufweisen. Die Mächtigkeiten der durchweg grundwassererfüllten Kiese betragen bis 10 m, wobei durch das Relief der Quartärbasis mit stärkeren Schwankungen zu rechnen ist. Im Schotterkörper können, bedingt durch das wechselhafte Abflußgeschehen, Zwischenlagen von Schluffen und sogar Torfen auftreten. Vornehmlich in jüngeren, d. h. flußnahen Talbereichen wie auch östlich des Lech treten mitunter mächtigere Auenlehmdekken auf. Jedoch mindern diese Zwischenlagen und Deckschichten die Bauwürdigkeit der Kiesvorkommen im allgemeinen nicht in entscheidendem Maß.

Die Lage des Lechmündungsgebiets am Schnittpunkt von Hauptverkehrswegen, vor allem aber an einer wichtigen Nord-Süd-Verbindung, hebt die wirtschaftliche Bedeutung der Kiesvorkommen dieses den kiesarmen bzw. -freien Gebieten Mittelfrankens nächstliegenden Raumes in besonderem Maß. Die Kiese werden nämlich neben ihrer örtlichen Verwendung im größeren Umkreis von Donauwörth bis in den mittelfränkischen Raum geliefert und ergänzen die dort gewonnenen Sande.

Jedoch treten der Kiesgewinnung in diesem Gebiet folgende Interessen gegenüber, die den Raum der potentiell verfügbaren Kiese und Sande stark einschränken:

Neben den zunehmend durch Bebauung u.a. auch Industrieansiedlung beanspruchten Räumen, etwa zwischen Mertingen – Bäumenheim – Donauwörth, werden große Gebiete vor allem durch wasserwirtschaftliche Interessen berührt. So werden eine 2–3 km breite Zone westlich des Lech zwischen Ellgau und Lechsend sowie das Gebiet nördlich der Donau zwischen Lechmündung und Stepperger Enge durch bestehende oder künftige Grundwassergewinnung bzw. deren Schutzgebiete abgedeckt. Ähnlich wie die Baustoffe dieses Raumes besitzen auch die Grundwasservorkommen überregionale Bedeutung, indem sie der Wasserversorgung des Nürnberger Raumes dienen. Schließlich sind die im Wildbettbereich von Donau und Lech noch bestehenden Auwälder von landschaftlichem Interesse.

Das Lechmündungsgebiet kann demnach als Beispiel eines unter verschiedenen, teils gegensätzlichen Gesichtspunkten wichtigen, vielfach beanspruchten Gebietes angesehen werden. Jedoch ergeben sich für die Kiesindustrie trotz des eingeschränkten Raumes etwa im Raum Bäumenheim – Genderkingen, westlich Mertingen – Bäumenheim oder zwischen Donau und Rainer Hochterrasse noch langfristig ausreichende Möglichkeiten der Baustoffgewinnung. Im übrigen sind auch die Kiesvorräte der Rainer Hochterrasse (vgl. Nr. 812) in die Frage der Rohstoffgewinnung aus diesem Talraum mit einzubeziehen.

Donauenge zwischen Stepperg und Neuburg

Das vom gewundenen Lauf der Donau in vier Teilareale getrennte Engtal zwischen Stepperg und Neuburg enthält postglaziale Schotter sehr wechselhafter Kornzusammensetzung. Neben vorherrschenden sandigen Kiesen mit deutlich hervortretendem Grobkiesanteil treten auch rein sandige oder schluffige Einschaltungen auf. Die 7–9 m mächtigen, grundwassererfüllten Schotter stellen sowohl als Kieskörper wie als Material gute Rohstoffe dar, die den benachbarten Kiesen des Lechmündungsgebietes und des Ingolstädter Beckens im wesentlichen gleichen. Bisher ist dieser Talabschnitt jedoch vom Kiesabbau nur in geringem Umfang berührt. Aufgrund seiner landschaftlichen Sonderstellung als steilhängiges, den Jura durchschneidendes Engtal dürfte Kiesgewinnung hier vor allem landschaftsbezogene Fragen aufwerfen.

Ingolstädter Becken

Der Begriff Ingolstädter Becken wird hier im weiteren Sinne gebraucht, d.h. er umfaßt unter Einbeziehung des Donaumooses das quartäre Talgebiet zwischen der Öffnung der Donauenge bei Neuburg und der trichterartigen Talverengung bei Neustadt.

Im Bereich des Ingolstädter Beckens können die Niederterrasse und postglaziale Schotter gut unterschieden werden. Die N i e d e r t e r r a s s e ist fast nur noch südlich der Linie Neuburg – Manching – Münchsmünster – Neustadt in ihrer ursprünglichen Mächtigkeit erhalten. Sie steigt hier mit einer deutlichen Stufe 1–

3 m über die junge Talaue an. Nördlich der Donau sind kleinere Gebiete im Raum Bergheim – Gerolfing möglicherweise als Niederterrasse einzustufen.

Die Schotter besitzen im Westen Mächtigkeiten von rund 10 m, die sich gegen Osten bis Manching etwa auf 5–7 m verringern. Diese Mächtigkeitswerte gelten für die gesamte Niederterrasse bis Neustadt. Gegen das Donaumoos nehmen die Schottermächtigkeiten rasch ab. Die Niederterrasse wird südlich der Linie Wagenhofen – Pobenhausen zunehmend vom Niedermoor des Donaumooses bedeckt und verliert so ihre Abbauwürdigkeit. Zwischen der Bahnlinie Ingolstadt – Reichertshofen und Münchsmünster wird die Niederterrasse teils von periglazialen Kiesen von Paar und Ilm fächerartig bedeckt, wodurch sich die Schottermächtigkeiten vor allem gegen Süden bis zu 3 m, im Mittel auf insgesamt 5–9 m erhöhen. Ebenso ist die Donau-Niederterrasse östlich Neustadt von Periglazialablagerungen der Abens bedeckt oder z.T. durch diese ersetzt.

Die Postglaziale Talaue besitzt ein typisches, durch verlandete Flußschleifen geprägtes Relief. Westlich Ingolstadt läßt sich innerhalb der Talaue die jüngste Flußaue (Auenstufe) abgrenzen. Die durchschnittliche Mächtigkeit der Schotter weist regionale Unterschiede auf: Östlich Neuburg treten Quartärmächtigkeiten von 8–12 m auf, die sich bis Ingolstadt auf 6–9 m verringern und sich dann bis zur Talverengung bei Neustadt in dieser Größenordnung bewegen.

Niederterrasse und Postglazial können durch einen stufenartig ausgebildeten Anstieg der tertiären Unterlage gegeneinander abgesetzt sein. Die tertiäre Unterlage besonders des Postglazials kann ein sehr bewegtes, wahrscheinlich rinnenartig ausgebildetes Relief besitzen. Als Hinweis hierfür dienen etwa Bohrungen bei Grünau, die auf engem Raum Quartärmächtigkeiten zwischen 7 und 14 m nachweisen. Jedoch stellt der Nachweis solch hoher Quartärmächtigkeiten die Ausnahme dar. In Verbindung mit den ebenfalls sehr wechselhaft entwickelten Deckschichten und dem Relief der Oberfläche kann es daher vor allem im Bereich der postglazialen Talaue zu stark schwankenden Schottermächtigkeiten kommen.

Die glazialen und postglazialen Kiese und Sande des Ingolstädter Beckens liegen durchweg im Grundwasserbereich, weshalb ihre Gewinnung immer mit Baggerseebildung verbunden ist. Während das Grundwasser je nach Geländeausbildung 1–3 m unter Flur steht, erreicht es in Moorgebieten, so im Donaumoos oder im Feilenmoos, nahezu die Geländeoberfläche, wodurch der Dimensionierung von Baggerseen Grenzen gesetzt sind.

Ausbildung und Eigenschaften: Die Niederterrasse ist in der Regel recht einheitlich aus sandigen bis stark sandigen Kiesen bei etwa gleichen Anteilen der Fein-, Mittel- und Grobfraktion aufgebaut. Der Schluffanteil beträgt nur wenige Prozent oder fehlt. Im Einmündungsbereich der Täler von Paar, Ilm und Abens kommt es durch deren Sedimentzufuhr insgesamt zu einer leichten Erhöhung des Sand- und Feinkiesanteils.

Die postglazialen Schotter zeigen entsprechend ihrer Ablagerung durch ständig mäandrierende Flußarme eine stärkere Materialsortierung, weshalb bei der Kiesgewinnung mit bereichsweise schwankender Kornzusammensetzung zu rechnen ist. Dem Schotterkörper können auch sandig-schluffige Partien zwischen-

gelagert sein, die zusammen mit der Deckschicht die brauchbaren Kiessande an Mächtigkeit bisweilen sogar übertreffen können.

Die Schotter von Niederterrasse und Talaue setzen sich zu 60–70% aus Karbonatgeröllen (vorherrschend Kalke) daneben aus kristallinen (vor allem Quarzite) und sonstigen Härtlingen (z.B. Hornsteine, quarzitische Sandsteine) zusammen. Aufgrund ihrer einwandfreien Materialeigenschaften und der besonders günstigen, da gut gestuften Kornzusammensetzung stellen die Kiese ein hochwertiges Rohmaterial dar.

Gewinnung und Verwendung: Der Bereich des Ingolstädter Beckens wird in nahezu allen Teilgebieten seit langem durch die Kiesgewinnung in Anspruch genommen. In den letzten Jahren bildeten sich Abbauschwerpunkte besonders im Bereich der Niederterrasse westlich Bergheim, zwischen Zell und Karlshuld, zwischen Zuchering und Oberstimm, südlich Lichtenau und im nördlichen Feilenmoos sowie im Gebiet Mailing – Westenhausen – Irsching. Gewinnungsstellen finden sich jedoch breit gestreut praktisch im gesamten Bereich des Ingolstädter Beckens.

Das Rohmaterial wird in allen Bereichen der Bauwirtschaft eingesetzt. Infolge seiner verkehrsgünstigen Lage an der Nahtstelle zwischen dem kiesreichen Südbayern und dem an grober Körnung armen nordbayerischen Raum nehmen die Kiese und Sande des Ingolstädter Raumes eine Sonderstellung ein. Neben der Versorgung der örtlichen Abnehmer wird das Material roh oder als Fertigprodukt vor allem in die mittelfränkischen Industriezentren des Großraumes Nürnberg transportiert.

Deshalb wird dem Kiesabbau im Ingolstädter Becken auch künftig große Bedeutung zukommen. Gerade dieses Gebiet wird jedoch, vor allem wegen seiner intensiven Industrialisierung von anderen Flächennutzungen stark beansprucht, weshalb eine Abstimmung der Interessen in diesem Talraum zunehmend schwerer durchzuführen ist. Jedenfalls könnte das Gebiet des Ingolstädter Beckens, das gleichwohl ein großes Potential an Baurohstoffen enthält, sowohl im Hinblick auf die Verfügbarkeit dieser Rohstoffe als auch wegen seiner Nachbarschaft zu den als Substitutionsmaterial in Frage kommenden Festgesteinen des Weißen Jura hinsichtlich der künftigen Baustoffbeschaffung eine Schlüsselstellung einnehmen.

Bereich Kelheim – Bad Abbach

Zwischen Kelheim und Bad Abbach treten, durch die im Engtal pendelnde Donau räumlich voneinander getrennt, fünf Niederterrassenareale auf, in denen bis zu 8 m mächtige, größtenteils grundwassererfüllte Donauschotter verbreitet sind. Die nacheiszeitliche Flußaue liegt jeweils nur als schmaler Saum zwischen Donau und Niederterrasse.

Das Material der Niederterrasse besteht aus stark, teils auch überwiegend sandigen, schlecht sortierten Schottern mit einem hohen Anteil an vorwiegend plattigen Weißjurageröllen. Die unaufbereiteten Grubenkiese erreichen aufgrund dieser Zusammensetzung nicht die gleiche Qualität wie etwa die Schotter des Ingolstädter Beckens. Jedoch sind die Komponenten unverwittert und fest.

Die durchweg mit der Bildung von Baggerseen verbundene Kiesgewinnung betraf bisher vor allem die Gebiete zwischen Kelheim und dem Teufelsfelsen bei Alkofen. Während für die hier teils recht kleinräumig mosaikartig betriebene Kiesgewinnung nur noch Möglichkeiten der Arrondierung oder im Zuge von Sanierungsmaßnahmen der bestehenden unbefriedigenden Verhältnisse offenstehen, bieten die beiden Teilräume zwischen Alkofen und Bad Abbach noch gewisse Möglichkeiten des Kiesabbaus, die jedoch zur Versorgung der Bauindustrie des Raumes Kelheim – Regensburg nicht mehr entscheidend beitragen werden.

Bereich Regensburg – Deggendorf

Die Talaue der Donau ist von Regensburg bis unterhalb Straubing deutlich in Niederterrasse und nacheiszeitliche Talaue untergliedert.

Die Niederterrasse erhebt sich zwischen Regensburg und Straubing mit 2–4 m hoher Terrassenkante als 5–8 km breites, ungestuftes Schotterfeld über die Auenstufe der Donau. Mit dem Terrassenanstieg ist auch ein Anstieg der tertiären Schotterbasis von 4–7 m verbunden. Erst im Talabschnitt zwischen Irlbach und Deggendorf gleichen sich Niederterrasse und jüngere Talaue im Niveau an.

Die Niederterrassenschotter erreichen bei wellig-kuppiger Sohlfläche Mächtigkeiten zwischen 4 und 10 m. Eine Zone hoher Mächtigkeiten erstreckt sich etwa von Neutraubling über Lerchenfeld zum Raum Mintrachinger Holz. Nördlich davon treten z.T. wesentlich geringere Mächtigkeiten (2–5 m) auf. In den übrigen Bereichen der Niederterrasse sind nach den zur Verfügung stehenden Aufschlußdaten keine auf weitere Strecken zu verfolgenden Mächtigkeitsunterschiede festzustellen. Die Schotter erreichen hier im Durchschnitt 5–6 m Mächtigkeit.

Im Bereich der holozänen Talaue liegen Quartärmächtigkeiten zwischen 10 und 14 m vor, deren Schotteranteil zwischen 7 und 10 m, manchmal auch darunter liegt, während der Rest auf nichtkiesige Überdeckung bzw. Zwischenlagen entfällt.

Als Decksedimente treten über den Schottern meist geringmächtige Feinsedimente auf, die bereichsweise auf mehrere Meter anschwellen. Hier ist vor allem ein terrassenartig abgesetzter Bereich nordwestlich Mintraching zu nennen, der eine mächtigere Schwemmlehmdecke trägt und bis zu 3 m über die vorgelagerte Niederterrasse ansteigt. Mächtigere Schwemmlehme sind ebenso zwischen Irlbach und Schambach verbreitet. Anmoore bildeten sich in den südlichen Randbereichen der Niederterrasse, vor allem zwischen Mintraching und dem Tal der Kleinen Laaber, zwischen Irlbach und Schambach, in geringerem Umfang nördlich der Donau im Süden von Niederwinklig und Steinach. Schwemmfächer sandig-lehmiger und kiesiger Ausbildung legten sich vor den Einmündungen der Nebentäler (vor allem Große und Kleine Laaber, Allach, Aiterach) auf die Schotter der Niederterrasse. Hervorzuheben ist besonders der bis zu einigen Metern mächtige lehmige Schwarzachschwemmfächer im Westen von Offenberg. Flugsande, teils zu flachen Dünen aufgeweht, treten im Donaubogen östlich Irlbach auf.

Die Flurabstände des Grundwassers nehmen im Bereich der dem Fluß zugewandten randnahen Niederterrasse mit bis zu 4 m die höchsten Werte an. Gegen die zentralen Terrassenteile und die flußabgewandten Terrassenränder stellen sich bald flurnahe bis nahezu flurgleiche Grundwasserstände ein. In Flurnähe steht das Grundwasser ebenso im gesamten Bereich der nacheiszeitlichen Talaue.

Ausbildung und Eigenschaften: Schichtaufbau und Korngrößenspektrum sind zwischen Regensburg und Isarmündung deutlichen Veränderungen unterworfen.

Die Niederterrasse zeigt oberhalb Straubing einen verhältnismäßig homogenen Schichtaufbau. Sie besteht aus vorwiegend sandigen und stark sandigen Fein- und Mittelkiesen, untergeordnet auch gröberen Anteilen. Die Schotter enthalten kalkalpine Anteile vor allem in der Feinkies- und Sandfraktion, während als gröbere Anteile kristallines Material der Einzugsgebiete von Naab und Regen sowie Gerölle des Jura-, Kreidegebietes auftreten. Ein geringer Anteil an brüchigen oder weniger festen Geröllen beeinträchtigt die gute Materialqualität der Donau-Niederterrasse nicht wesentlich.

Die talabwärts zunehmende Kornverfeinerung der Niederterrasse äußert sich erstmals deutlich im Raum Münster – Parkstetten, wo bereits stark bis überwiegend sandig ausgebildete Schotter vorliegen. Diese können vor allem zwischen Straubing und Isarmündung auch von kiesfreien, bindigen Sand-Schlufflagen durchsetzt sein. Zusammen mit den deckenden Feinsedimenten bilden diese Schichten bereichsweise sogar den überwiegenden Anteil.

Ebenso enthält die nacheiszeitliche Flußaue neben Kiesen und Sanden in wechselndem Verhältnis einen hohen Anteil an feinkörnigen Ablagerungen, wie Sanden und bindigen Schichten, die die sandigen Kiese und kiesigen Sande überlagern und durchsetzen. Allgemein ist auch hier eine deutliche Verfeinerung und Verminderung des Kieskorns talabwärts festzustellen. Neben dem verstärkten Abrieb der Juragerölle kommt diese Kornverfeinerung auch durch Zufuhr von Feinmaterial aus dem Kristallin- und Tertiäreinzugsgebiet zustande.

Die Kiesvorkommen der holozänen Donauaue wie auch der Niederterrasse unterhalb Straubing sind – verglichen mit benachbarten Flußgebieten (Ingolstädter Becken, Isar) – nur als mäßig gute Lagerstätte zu betrachten, da die Aufbereitung brauchbarer Korngemische erhöhten Aufwand bedeutet. Allgemein bleibt bei diesen Vorkommen ein Mangel an mittlerem und grobem Kieskorn bestehen.

Gewinnung und Verwendung: Die Hauptgewinnungsgebiete dieses Talraumes orientieren sich am Verbrauchszentrum Regensburg und liegen somit im Bereich der Niederterrasse zwischen Straubing und Regensburg. Sie fallen damit mit den besseren Vorkommen dieses Raumes zusammen. Die Gewinnung konzentriert sich auf den verkehrsgünstig gelegenen Raum zwischen Geisling und Neutraubling, die Umgebung von Pfatter, östlich Atting, sowie nördlich der Donau im Osten von Kiefenholz. Eines der flächenmäßig größten Kiesabbaugebiete Bayerns liegt im Raum nördlich Parkstetten. Zahlreiche verstreute Abbaue bestehen auch im Gebiet nördlich Loham. Alle übrigen Niederterrassenbereiche sind von massierter Kiesgewinnung weitgehend frei. Ebenso ist die Flußaue der Donau fast ganz ohne Kiesgruben.

Die Kiese und Sande des Donautales versorgen neben dem Hauptabnehmer Regensburg und den kleineren Zentren des Donautales wie Straubing auch weite Teile des Bayerischen Waldes sowie das Hinterland von Regensburg und Teile des Naabgebietes. Dabei besteht allgemein ein gewisser Sandüberschuß, der teilweise in Gebiete mit sandarmen Schottern, etwa den Talraum unterhalb der Isarmündung oder das Untere Isartal abgesetzt wird. Dafür wird Grobkorn zugeführt. Der hohe, aus dem Donautal zu deckende Baustoffbedarf kennzeichnet die wirtschaftliche Bedeutung dieses Kies-Sand-Verbreitungsgebietes und führt zu Konflikten des Abbaues mit anderen Belangen der Raumordnung. Die Konflikte beruhen zum einen auf der regelmäßig mit Kiesabbau verbundenen Schaffung von Baggerseen, zum anderen auf dem großen Flächenverbrauch, der sich aus hohem Rohstoffbedarf und geringmächtigen Lagerstätten ergibt.

Kiesabbau sollte in diesem Talabschnitt vorrangig durch weitere Konzentrierung und sanierende Zusammenlegung von Einzelgruben betrieben werden. In den oben genannten Gebieten Parkstetten-Nord und Loham-Nord sollte nur noch ordnender Kiesabbau betrieben werden. Die Anlage neuer Kiesabbaue ist im gesamten Talbereich zwischen Straubing – Münster und Isar vom Nachweis geeigneter Lagerstätten abhängig zu machen. Andererseits bestehen in den südlichen Terrassenbereichen zwischen Regensburg und Straubing noch viele Kilometer weite Freiräume, die freilich einen hohen landschaftlichen Wert besitzen. Sorgfältig geplanter Kiesabbau kann jedoch auch hier ohne nachhaltige Schädigung des Talraumes durchgeführt werden und letztlich zu einer Bereicherung der ausgedehnten Terrassenebene beitragen.

Stand 2000

Bereich Deggendorf – Pleinting

Südlich Deggendorf vereinen sich die Talauen von Donau und Isar zu einer viele Kilometer breiten Ebene. Diese Weitung der Donautalaue verengt sich erst bei Pleinting trichterartig zum Engtal der Donau, das von hier bis zur bayerischen Landesgrenze selbst keinen nennenswerten Talraum mehr umfaßt.

Das Talgebiet enthält Niederterrassenreste, die sich südlich der Donau zwischen Thundorf und Pleinting 3–4 m über die postglaziale Talaue erheben. Die die Isar begleitende Auenstufe läßt sich an der Donau nicht immer exakt vom älteren Postglazial abtrennen, da der gesamte nacheiszeitliche Talbereich deutlich durch das Relief verschieden alter Flußschleifen geprägt ist.

Die Mächtigkeit des Talquartärs ist größeren Unregelmäßigkeiten unterworfen, da der Untergrund neben unterschiedlich gut erodierbarem Tertiär auch aus teils hartem Kristallinmaterial besteht. Die Schottermächtigkeiten schwanken im allgemeinen zwischen 6 und 10 m, können aber auch, besonders in randnahen Talbereichen oder in Verbindung mit eingemuldeter Geländeoberfläche, weit darunter liegen.

Das Grundwasser steht je nach dem Oberflächenrelief nahe oder bis zu 3–4 m unter Flur. Die Schichtdicken der lehmig-sandigen Decksedimente, die in der gesamten Talaue, häufig auch reliefffüllend auftreten, erreichen Schichtdicken von wenigen Dezimetern bis zu 2–3 m.

Ausbildung und Eigenschaften: Unterhalb der Isarmündung ist das Jungquartär durch eine Mischung der Sedimente von Donau und Isar gekennzeichnet. Der Grobschottercharakter des Isartales setzt sich dabei zwar allgemein, besonders aber im Südwesten und damit im Bereich der Niederterrassenflächen zwischen Thundorf und Pleinting durch. Die von manchen Betrieben beobachtete Sandarmut könnte man auf die erhöhte Transportkraft nach dem Zusammenfluß von Donau und Isar bei etwa gleichem Talquerschnitt zurückführen. Dagegen muß am nordöstlichen Talrand daneben auch mit dem Einfluß des sandreichen Donaumaterials gerechnet werden.

Insgesamt sind die Kiese dieses Talabschnittes jedoch den qualitätsmäßig hervorragenden Schottern der Unteren Isar durchaus vergleichbar, sofern nicht mangelnde Mächtigkeit oder bereichsweise schluffige Zwischenschichten ein wenig ergiebiges Vorkommen verursachen. Ein gewisser Sandmangel kann leicht aus angrenzenden Gebieten, vor allem aus dem Raum Straubing, ausgeglichen werden.

Gewinnung und Verwendung: Im Isarmündungsbereich bestanden mehrere Kiesgruben nördlich Moos sowie im weiteren Umkreis von Altenufer und im Donaubogen südlich Seebach. Auch bei Neßlbach und Langburg wurde Kies gewonnen. Der künftige Kiesabbau soll auf die Gebiete südöstlich Altenufer wie auch zwischen Arbing und Künzing konzentriert werden. Erhebliche Beschränkungen sind der Kiesgewinnung dagegen durch die großräumigen Schutzgebiete für die Grundwasserentnahmen der Fernwasserversorgung Bayerischer Wald (östlich Mainkofen, zwischen Isar und Moos, zwischen Moos und Haardorf sowie im Donaubogen östlich Arbing) auferlegt.

Der Talabschnitt der Donau zwischen Isarmündung und Pleinting stellt zwar ein weiträumiges Verbreitungsgebiet guten Kiesmaterials dar. Es liegt jedoch in Nachbarschaft zu dem schottererfüllten Tal der Unteren Isar, aber auch zu den bedeutenden Schottervorkommen der Tertiärgebiete des Raumes Ortenburg und Passau-Nord. Gerade aus letzteren wird ein Großteil des Baustoffbedarfs des Bayerischen Waldes gedeckt. Insofern kann daher die Beschränkung des Kiesabbaus im Donautal zugunsten der Wassergewinnung durch benachbarte Kiesvorkommen ausgeglichen werden.

Kiese und Sande des periglazialen Bereiches

Fluviatile Kiese und Sande (ungegliedert) (830)

Maintal

(Albert Dobner)

Die Kies- und Sandvorkommen in Nordbayern sind beschränkt auf die Talauffüllungen weniger Flußtäler, wenn man von den Sandsteinen des mesozoischen Schichtstufenlandes und im ostbayerischen Raum absieht. Dabei kommt dem Maintal zusammen mit dem Naabtal noch am ehesten eine Stellung als Kieslagerstätte zu, da die Flüsse des Regnitzsystems nur einen geringen Kiesanteil aufweisen.

Die Schwierigkeit einer Lagerstättenbeschreibung der Sande und Kiese im Maintal, wie sie in den nachstehenden Kapiteln versucht wird, besteht nicht in der Darstellung der geologischen Situation – obwohl auch hier noch Kenntnislücken vorhanden sind –, sondern vielmehr in der Abwägung der verschiedenen Faktoren, welche ein geologisches Vorkommen als Lagerstätte ausweisen. Dabei steht die wirtschaftliche Gewinnbarkeit, die sich unter anderem nach Mächtigkeit, Abraum und Transportradius richtet, häufig nicht im Vordergrund. Vielmehr ist die Verfügbarkeit der Lagerstätten durch konkurrierende Nutzungsansprüche so stark eingeengt, daß nur noch ein geringer Anteil der vorhandenen Sand- und Kiesvorkommen für die Baustoffgewinnung zur Verfügung steht. Aus diesem Grund soll in den folgenden Ausführungen zwar die geologisch-lagerstättenkundliche Beschreibung der gesamten Vorkommen vorrangig behandelt werden. Ohne kurze Hinweise auf nicht geologische Faktoren würde aber ein falsches Bild der Verbreitung verfügbarer Lagerstätten entstehen, auch wenn diese Faktoren nicht immer quantifizierbar sind, da sich die Beurteilungskriterien im Laufe der Zeit ändern können.

Aschaffenburger Becken

Das Aschaffenburger Becken bildet den bayerischen Anteil der Untermainebene, deren südlicher Ausläufer in der trichterartigen Verengung zwischen Odenwald und Spessart etwa bei Obernburg endet. Gegen Osten wird die Ebene des Maintales von den Spessarthöhen begrenzt, während sie nach Norden und Westen ohne morphologische Grenze in die hessische Fortsetzung des Maintales übergeht.

Im nördlichen Teil, etwa ab Mainaschaff, nimmt die Niederterrasse den überwiegenden Anteil des Maintales ein. Nördlich der Kahl ist diese Terrasse weitflächig von Flugsand überlagert. Diese Flugsanddecke wird durch den Kahlgrund unterbrochen und setzt sich südlich davon in einem Streifen zwischen Kahl und Wasserlos fort. Von den Spessarthängen her überzieht eine Decke aus Wander- und Blockschutt die Terrassenausläufer etwa auf der Linie Kleinostheim – Alzenau. Die Mächtigkeit der pleistozänen Kiese und Sande der Niederterrasse wird im wesentlichen durch die Ausbildung des präquartären Untergrundes bestimmt, der hier durch rinnenförmige Vertiefungen ein unruhiges Relief zeigt. Im Durchschnitt ist im Norden mit einer Mächtigkeit der quartären Talaufschüttung von 10–14 m zu rechnen, die sich nach Süden auf 5–7 m verringert. Etwa 2 km nördlich Kleinostheim wurden über dem liegenden Tertiär gar nur 2–3 m Quartär beobachtet.

In den holozänen Talauen des Mains mit seiner ehemaligen Schleife zwischen Kleinostheim und Dettingen und der Kahl ist die Mächtigkeit gegenüber den etwas höher liegenden Niederterrassen herabgesetzt. Dazu kommen Überlagerungen von Hochflutlehm, Sand, anmoorigem Boden oder Torf in geringer Mächtigkeit.

Der südliche Teil des Aschaffenburger Beckens erhält im Osten seine Begrenzung durch den Spessartrand, im Norden durch das Gersprenztal, im Westen ziehen die Odenwaldausläufer bis Großostheim. Die in zwei Stufen (7 m-Terrasse und 12 m-Terrasse) aufgegliederte Niederterrasse begleitet den Main vom Spessartrand bis etwa an die Linie Stockstadt – Großwallstadt und rückt

südlich Großwallstadt unter einer Lößlehmdecke an den Odenwald heran. Zwischen Gersprenztal und Ringheim trifft man teils unter Flugsandbedeckung die älteren und höher gelegenen Terrassen an. Die überwiegend tektonisch bedingten Änderungen des pleistozänen Mainlaufes haben hier eine Lagerstättensituation geschaffen, in der sich die Sand- und Kiesmächtigkeit nicht an der sichtbaren Terrassenmorphologie orientiert. Nach heutiger Kenntnis zieht eine Quartärrinne, die sich in Elsenfeld andeutet, zwischen Großwallstadt und dem Odenwaldrand nach Norden und schwenkt bei Großostheim nach Westen um. Bei Großwallstadt beginnt die quartäre Rinnenfüllung mit einer maximalen Mächtigkeit von ca. 20 m, erreicht südöstlich Großostheim bereits knapp 30 m, um dann bei Ringheim auf über 40 m anzuwachsen. Hier verbleiben allerdings durch die starke Überlagerung mit Feinsedimenten für die Kiese und Sande nur 32–35 m Mächtigkeit. Das kristalline Grundgebirge, das im Hübnerwald an die Oberfläche tritt, bildet bis etwa 2 km südlich der Bundesstraße 26 noch einzelne vom Quartär überdeckte Aufragungen, die den Nordrand der Ost-West verlaufenden Rinnenstruktur anzeigen. Im Bereich des rezenten Maintales, etwa östlich der Bundesstraße 469, bewegen sich die Mächtigkeiten im allgemeinen zwischen 5 und 15 m, wobei in unmittelbarer Mainnähe häufig nur 5–7 m quartäre Sande und Kiese anzutreffen sind.

Ausbildung und Eigenschaften: Durch die sich mehrfach überlagernden Sedimentations- und Erosionsphasen und die häufige Verlegung des Flußlaufes kam es zu keiner einheitlichen Ausbildung der quartären Talfüllung. Soweit exakte Untersuchungen vorliegen, handelt es sich um Mittel- bis Grobsande mit einem Kiesanteil bis ca. 20%, der nur in Ausnahmefällen 30–50% erreicht. Die abschlämmbaren Bestandteile liegen meist unter 5%. Zwischenlagerungen von sandigen Tonschichten oder Tonlinsen können überall auftreten und sind an keinen bestimmten Horizont gebunden. Sie erreichen meist nur wenige Dezimeter, allerdings wurden auch schon Lagen bis maximal 5 m beobachtet. Fein- und Grobkieslagen findet man vor allem in den älteren Sedimenten, d.h. in den Schichten gegen das Liegende, an deren Untergrenze auch eine Lage mit Geröllen über 20 cm ∅ ausgebildet sein kann.

Ein einigermaßen gültiges Geröllspektrum läßt sich verständlicherweise nicht oder nur unter großem Arbeitsaufwand erstellen. Nach vorliegenden Teiluntersuchungen herrschen bei der Fraktion 20–50 mm Buntsandsteingerölle vor und erreichen maximal knapp über 70%, im Mittel um 60%. Als weiterer wichtiger Bestandteil in dieser Kornfraktion sind die Muschelkalkgerölle zu nennen, die einen Anteil von ca. 20% (max. ca. 30%) stellen. In den Mainsedimenten nördlich Aschaffenburg kommen diese häufig nur auf einen Anteil von ca. 10%. Gerölle anderer Herkunft wie Quarze, Quarzite, Grauwacken, paläozoische und Keupersandsteine, Lydit und Hornsteine übersteigen jeweils die 10%-Grenze nicht. Mit abnehmender Korngröße setzt eine Verschiebung der Geröllzusammensetzung zugunsten der weniger transportresistenten Gerölle ein. So steigt z.B. in der Fraktion 10–20 mm der Anteil des Muschelkalkes auf Kosten des Buntsandsteins auf 40–50% an.

Gewinnung und Verwendung: Für eine wirtschaftliche Gewinnung stellten neben der Mächtigkeit auch das Abraumverhältnis und die Tiefenlage

des Grundwassers einen wichtigen Faktor dar. Die fluviatilen Sande und Kiese des Aschaffenburger Beckens liegen fast ausschließlich im Grundwasser, wobei der obere Teil der Sedimente auch grundwasserfrei sein kann. Der grundwasserfreie Anteil steigt mit zunehmendem Abstand vom Main, da das Grundwassergefälle im allgemeinen mit dem Geländeanstieg gegen den Talrand nicht mithält. Allerdings ist in Talrandnähe in vielen Fällen eine mächtigere Abraumdecke in Form von Hangschutt, Lößlehm oder Solifluktionsschutt in Kauf zu nehmen. Mächtigere Abraumüberlagerungen sind besonders im Raum Großostheim – Ringheim und am Spessartrand zwischen Kleinostheim und Alzenau zu erwarten.

Obwohl im Aschaffenburger Becken die an Mächtigkeit und flächenhafter Verbreitung größten Kies- und Sandvorkommen Unterfrankens lagern, sind dem Abbau sehr enge Grenzen gesetzt. In erster Linie blockieren die Wassergewinnungsanlagen (z.B. Großwallstadt – Niedernberg, Stadt Aschaffenburg, Großostheim, Stadt Alzenau, Spessart-Gruppe, Kahl am Main, Stadt Hanau), Verkehrswege und Industrieansiedlungen die Gewinnung dieser Lagerstätten.

Das gewinnbare Material eignet sich für viele Bereiche der Bauwirtschaft. Durch den Anschluß dieses Raumes an den Ballungsraum Frankfurt/Main (Schiffahrtsstraße, Autobahn) erlangten diese Vorkommen besondere Bedeutung.

Talabschnitt Obernburg – Gemünden

Das sich ab Obernburg mainaufwärts zunehmend verengende Tal ließ dem Fluß nur wenig Raum zur Sedimentation seiner Geröllfracht. Das zum Teil mehrere 100 m tief eingeschnittene Tal ist gekennzeichnet durch eine vorwiegend asymmetrische Talform und örtlich starke Schlingenbildung. Asymmetrische Talformen, die bevorzugt in den Talweitungen angelangt sind, geben Hinweise, daß an ihren Gleithängen Überreste einer ehemals mächtigen Kies- und Sandfüllung lagern. Diese heute meist ungestuften Terrassen gehen ohne merkbare Abstufung in die Buntsandsteinhöhen über. Als Lagerstätte interessant werden diese Bereiche dann, wenn sich die Terrassenreste nicht an einem stetig ansteigenden Buntsandsteinuntergrund anlagern, sondern wenn ein altpleistozäner Mainlauf ehemals den Buntsandstein am heutigen Gleithang erodiert hat. Das ist insbesondere dort der Fall, wo alte Flußrinnen in die Quartärbasis eingetieft sind, die dann in den Talbuchten mit mächtigen Ablagerungen angefüllt sind. Durch das Wechselspiel von Akkumulation und Erosion während der Talbildung konnten sich allerdings hier keine einheitlichen Sedimentschichten herausbilden. Nach heutiger Kenntnis lassen sich aber sedimentpetrographische Kriterien finden, nach denen die alt- und jungpleistozänen Talfüllungen unterschieden werden können. Während die alt- und ältestpleistozänen Aufschüttungen fast durchgehend aus Mittel- bis Grobkies mit unterschiedlichen Sandanteilen bestehen, entfallen bei den Niederterrassen häufig über 40% auf Schluffanteile, ca. 30% auf Feinsand, während sich der Rest auf gröbere Komponenten verteilt. Der Muschelkalkanteil im Sediment, der verständlicherweise mainaufwärts stetig zunimmt, ist bevorzugt in den Niederterrassen angereichert. Die eigentlichen Lagerstätten werden weitgehend von den Resten der älteren Talfüllung gebildet. Sie stellen die Sande und Kiese in den Gleithängen und Talbuchten und liegen ca. 10 m über dem heutigen Fluß. Die feinerkörnigen und

oft von Auenlehm überlagerten jüngeren Sedimente sind rinnenförmig in die erstgenannten eingelagert und beschränken sich meist nur auf einen schmalen Bereich beiderseits des Flusses.

Die uneinheitliche Ausbildung der Vorkommen nach Mächtigkeit und Ausdehnung sowie die unterschiedliche Verfügbarkeit macht es notwendig, die Vorkommen zwischen Obernburg und Gemünden kurz einzeln abzuhandeln.

Die bei Großwallstadt noch westlich des Mains liegende Quartärrinne (20 m Mächtigkeit) schwenkt nördlich Elsenfeld auf die rechte Mainseite, so daß die Mächtigkeit der Sande und Kiese im Bereich der Glanzstoffwerke etwa 12–15 m beträgt, örtlich können sogar über 20 m erreicht werden.

Ähnliche Verhältnisse sind auch zwischen den Glanzstoffwerken und Erlenbach bekannt. Im Bereich der schmalen Maintalaue ist dagegen nur mit wenigen Metern Sand und Kies zu rechnen. Die Möglichkeiten, diese Lagerstätten großflächig abzubauen, sind durch die sich rasch ausdehnende Bebauung und die bestehenden Verkehrswege eingeschränkt. Je nach Lage zum Maintal erschließen die Gruben mehrere Meter grundwasserfreie Sande und Kiese. Bei vollständiger Ausbeutung der Lagerstätte ist fast ausnahmslos eine Naßbaggerung erforderlich.

In der Talbucht zwischen Wörth am Main und Trennfurt sind noch bis über 1 km westlich des Mains Flußsedimente von mehr als 20 m Mächtigkeit nachgewiesen. Durch das Zusammenwachsen beider Ortschaften und durch die teils sehr große Überlagerung mit Lößlehm und Hangschutt sind diese Sande und Kiese einer Gewinnung weitgehend entzogen. Die Vorkommen südlich Röllfeld sind bereits im großen Umfang ausgebeutet. Die älteren Terrassenflächen um Kleinheubach stehen nur kleinflächig einem Abbau zur Verfügung, da ihre Nutzung durch konkurrierende Flächenbeanspruchung, teils auch durch mächtige Abraumüberdeckung erschwert ist.

Die Talweitung zwischen Großheubach und Miltenberg stellt aus geologischer Sicht eine für das Maintal gute Lagerstätte dar. Insbesondere die höher gelegenen Flächen beiderseits der Straße enthalten teilweise über 15 m mächtige im Trockenabbau gewinnbare Sande und Kiese. Weiter mainaufwärts sind bei Bürgstadt und Kirschfurt die Lagerstätten bereits in erheblichem Umfang abgebaut. Auf bayerischer Seite des Mains stellen die Vorkommen in der Flußschleife bei Dorfprozelten mit einer Mächtigkeit von 6–8 m eine kleinere Lagerstätte dar. Dagegen übertrifft das ehemalige Umlauftal zwischen Faulbach und Breitenbrunn trotz mächtigerer Lößlehmüberlagerungen an Mächtigkeit und Ausdehnung die vorgenannten Vorkommen.

Die Terrassenflächen zwischen Bettingen und der Autobahnbrücke und die Flächen bei Trennfeld beinhalten wegen ihrer geringen Ausdehnung bzw. ihrer Überlagerung und weitgehend erfolgten Ausbeute nur noch begrenzte Sand- und Kiesvorkommen.

Die altpleistozänen Aufschüttungen in der Marktheidenfelder Talbucht und am Achtelsberg, der einen ehemaligen Umlaufberg darstellt, können in ihrer Mächtigkeit örtlich auf über 20 m anwachsen, enthalten aber häufig Tonlagen und eingestreute große Gesteinsblöcke bzw. bestehen im hangenden Teil aus

unverwertbarem sandig-tonigem Abraum. Ihre eventuelle Nutzung, die durch die ohnehin geringe Ausdehnung begrenzt ist, wird durch Bebauung und Verkehrswege wohl kaum mehr oder nur im bescheidenen Umfang möglich sein.

Der Gewinnungsmöglichkeit von Sand und Kies zwischen Hafenlohr und Gemünden sind auf Grund der geologischen Situation und der Besiedlung sehr enge Grenzen gesetzt. Die Flächen südlich Rodenbach sind relativ klein und stellen trotz ihrer bis über 15 m mächtigen Kiese und Sande nur unbedeutende Lagerstätten dar, die zudem durch ein Wasserschutzgebiet blockiert sind.

In ähnlichen Größenordnungen bewegen sich, trotz größerer Flächenausdehnung, die Lagerstätten bei Wombach und nordöstlich Steinbach, die nur mit ca. 12 m erbohrt und schon z.T. abgebaut sind. Die Mainsedimente am Umlaufberg bei Sendelbach, am Hang zwischen Nantenbach und Neuendorf und bei Hofstetten sowie Langenprozelten sind infolge ihrer geringen Mächtigkeit und starken Verunreinigung mit Hangschutt nicht als Lagerstätte einzustufen.

Talabschnitt Gemünden – Wipfeld

Von Gemünden mainaufwärts ist das Tal noch ein Stück von den Buntsandsteinhöhen auf wenige 100 m Breite begrenzt. Erst ab Karlburg, wo der Muschelkalk als Talbegrenzung herabzieht, sind weitere Talbuchten ausgebildet. In der Talbucht bei Karlburg stehen alt- bis mittelpleistozäne Sande oberflächlich nur östlich der Straße Karlburg – Harbach in einem schmalen Streifen von ca. 5 m Mächtigkeit an. Westlich der Straße werden die Kiese und Sande von einer Lößdecke (bis über 5 m) überlagert, in die sich gegen den Muschelkalkhang zunehmend Hangschutt mischt. Die jungpleistozänen Ablagerungen, die den Main begleiten, erreichen ca. 5–8 m Mächtigkeit und sind in dem tieferliegenden Auenbereich von sandig-lehmigen Hochflutabsätzen überlagert.

In der Karlstadter Talbucht sind die Möglichkeiten zum Abbau von Mainablagerungen stark eingeschränkt. Im Norden sind große Flächen bereits ausgekiest (heute zentrale Mülldeponie), der übrige Talbereich wird von der expandierenden Stadt eingenommen. Die Talweitung nördlich Himmelstadt enthält bezogen auf Mächtigkeit und Ausdehnung relativ wenig Sand und Kies, da es sich hier überwiegend um jungpleistozäne Sedimente handelt. Die Lagerstätten in der Talbucht nördlich Retzbach lagern hauptsächlich zwischen Bahn und Muschelkalkhang und erreichen Mächtigkeiten bis ca. 13 m. Große Areale beiderseits der Bundesstraße 27 sind auch hier bereits ausgebeutet und teilweise wieder verfüllt. Die jüngeren Sedimente zwischen Bahn und Main sind vergleichsweise unbedeutend.

In der relativ weit zurückgreifenden Zellinger Talbucht sind die Mainablagerungen in Mächtigkeit und Aufbau sehr unterschiedlich und weitflächig von Abraum überlagert, so daß die bisherigen Abbauversuche mangels Qualität nicht den gewünschten Erfolg brachten. Ähnliche Verhältnisse herrschen auch in der rechtsmainischen Bucht bei Thüngersheim, in der nach dem jetzigen Erkundungsstand nur geringe Vorkommen zu erwarten sind. Etwa ab Erlabrunn verengt sich das Maintal wieder. Talweitungen an den Gleithängen finden sich nur ansatzweise,

womit die Möglichkeit, weitflächig altpleistozäne Terrassen in Abbau zu nehmen, schwindet. Zwar wurden und werden zwischen Würzburg und Ochsenfurt einzelne höhergelegene Vorkommen (bis 30 m mächtig) gewonnen. Ihre seitliche Ausdehnung ist aber begrenzt, das Material mit Schutt des nahen Hanges vermischt, zusätzlich mindert häufig eine dicke Abraumlage die Qualität dieser Lagerstätten. Ganz generell läßt sich hier anmerken, daß diese mittel- bis altpleistozänen, bis 50 m über dem Main gelegenen, überwiegend grundwasserfreien Terrassenreste etwa ab Ochsenfurt, trotz örtlich großflächiger Verbreitung, flußaufwärts keine oder nur untergeordnete wirtschaftliche Bedeutung haben, da die entsprechende Mächtigkeit fehlt. Etwa südlich Würzburg konzentriert sich das wirtschaftliche Interesse auf den Abbau der flußnahen Niederterrasse. Dies trifft insbesondere dort zu, wo eine mehrere Meter über die eigentliche Talaue herausgehobene Terrassenstufe erhalten geblieben ist. Ein typisches Beispiel hierfür sind die Kiesgruben zwischen Autobahnbrücke und Eibelstadt, die hier bis 10 m Sedimente erschließen, wovon der untere Teil bereits im Grundwasser liegt.

Mit dem Eintauchen des Mittleren Muschelkalkes unter Talniveau, etwa bei Winterhausen, tritt ein Phänomen auf, das auch für die Kies- und Sandfüllung des Maintales von Bedeutung ist. Der Mittlere Muschelkalk setzt sich hauptsächlich aus relativ weichen Schichten wie Tonen, Tonschiefern, Mergel und Gipslinsen zusammen. Die Gipslagen wurden ausgelaugt, weshalb es in den überlagernden Gesteinen zu Sackungserscheinungen und Verstürzungen kam. Obwohl bei Ochsenfurt der Mittlere Muschelkalk als Liegendes der quartären Talsedimente verschwindet und nach Osten abtaucht, pausen sich diese Auslaugungserscheinungen nach oben durch und können mit Unterbrechungen bis Schweinfurt verfolgt werden. Für die Mainsedimente bedeutet dies eine durch Rinnen oder kolkartige Vertiefungen gekennzeichnete Unterlage und damit stark schwankende Mächtigkeiten.

Andeutungsweise zeigen sich derartige Vertiefungen schon zwischen Heidingsfeld und Ochsenfurt. Etwa ab Frickenhausen bis Sulzfeld konnte dann eine rinnenförmige Senkungsstruktur nachgewiesen werden, deren maximale Kies- und Sandmächtigkeit zwischen Marktbreit und Marktsteft über 25 m beträgt.

Diese für eine Lagerstätte äußerst interessante Mächtigkeit steht einer Gewinnung, wenn überhaupt, nur in einzelnen kleineren Flächen zur Verfügung, da diese Areale auch von der „Fernwasserversorgung Franken" zur Wasserentnahme beansprucht werden. Von Marktsteft bis zur Autobahnbrücke bei Dettelbach beschränken sich die Lagerstätten auf den unmittelbaren, sehr schmalen Talbereich. Über ihre Mächtigkeit ist nur wenig bekannt, nach den Erfahrungen dürfte sie zwischen 5 und 8 m liegen.

Nördlich der Autobahnbrücke bei Dettelbach sind im Bereich der sich weitenden Talaue wieder örtlich bis 20 m mächtige Kiese und Sande nachgewiesen, die sich nur mit Auslaugungen im Untergrund erklären lassen und auf die bereits ein reger Abbau umgeht. Aus lagerstättenkundlicher Sicht würden sich hier durchaus Möglichkeiten für eine Abbauerweiterung ergeben. Östlich der Staustufe Dettelbach scheint diese Depression des Untergrundes allmählich aufzuhören, so daß die Bedingungen für Kiesbaggerung links des Mains bei Hörblach als vergleichsweise ungünstig zu bezeichnen sind. Nördlich Stadtschwarzach bis

Wipfeld sind mangels Aufschlüssen nur vage Vorstellungen über Höhenlage und Gestalt des präquartären Untergrundes zu gewinnen. Nach den bisherigen Erkenntnissen ist im Normalfall mit 5–10 m Flußaufschüttung zu rechnen, die sich allerdings bei Eintiefungen stellenweise auf über 20 m erhöhen kann, wie dies durch Brunnenbohrungen bei Astheim bestätigt wurde. Wie bereits oben beschrieben, sind die wirtschaftlich gewinnbaren Kies- und Sandvorkommen weitgehend auf das Niveau der Niederterrasse mit ihrer Unteren und Oberen Stufe beschränkt. Sie sind nur durch Naßbaggerung zu gewinnen, wenn man ihre gesamte Tiefe erschließen will.

Ausbildung und Eigenschaften: Wie bei fluviatilen Ablagerungen zu erwarten, sind die Schichten sehr uneinheitlich aufgebaut, so daß sich auch hier eine für das Gesamtprofil typische Kornverteilung nicht darstellen läßt. Aus vorhandenen Daten ist aber ein deutliches Maximum an Mittel- bis Grobsand, in Einzelfällen auch im Feinkies zu erkennen, wobei das Ton- und Schluffkorn in den Schichten unter der Lehmüberdeckung den Anteil von 20% nur selten überschreitet. Generell tendiert das Korn zu einer Vergröberung gegen das Liegende, indem die Kiese wie auch der Steinanteil nach unten zunehmen.

Die Talrandbereiche erweisen sich in der Kornzusammensetzung des Vertikalprofils wesentlich stärker schluffhaltig. Im Geröllspektrum macht sich flußaufwärts der zunehmende Einfluß des Keupers mit einem Anstieg der Quarzgeröll- und Sandsteinkomponente bemerkbar, die sich z.B. im Grobkies (ohne Buntsandstein) von ca. 10% bei Würzburg auf über 30% nördlich Volkach erhöht. Der Muschelkalkanteil hat sein Maximum in dieser Fraktion nördlich Würzburg erreicht und sinkt bis nördlich Volkach auf unter 50% ab.

Schweinfurter Becken

Wohl in erster Linie durch die leichte Erodierbarkeit der tonigen Keuperschichten wurde hier die Ausweitung einer vergleichsweise breiten Talebene begünstigt, die sich von Wipfeld nach Norden trichterförmig erweitert und sich erst mit dem erneuten Auftauchen des Muschelkalkes östlich Schweinfurt wieder verengt. In der Talaue hinterließ der Main in verschiedenen Erosionsphasen einen von rinnenartigen Vertiefungen durchzogenen triassischen Untergrund und damit in ihrer Mächtigkeit schwankende Talablagerungen. So werden die Sande und Kiese an der Staustufe Wipfeld unter einer 1–3 m dicken Auenlehmüberdeckung 3–5 m mächtig. Nach Norden steigen sie im Raum Grafenrheinfeld auf durchschnittlich 6–8 m und südlich Schweinfurt stellenweise auf 8–10 m Mächtigkeit an. Im bereits wieder verengten Tal nordöstlich Sennfeld sind auch über 10 m quartäre Talfüllung erbohrt. Die auf den Höhen nordwestlich Bergrheinfeld lagernden älteren Mainablagerungen und deren Äquivalente bei Hirschfeld, Heidenfeld und Röthlein stehen auch hier mangels entsprechender Mächtigkeit und wegen ihres ungünstigen Kornaufbaus nicht im Mittelpunkt der Abbauinteressen.

Ausbildung und Eigenschaften: Durch das Ineinandergreifen von Erosion und Akkumulation konnte sich keine einheitliche Profilfolge aufbauen. Es können aber in den Schüttungskörpern der Niederterrasse gewisse Tendenzen aufgezeigt werden. Der untere Profilabschnitt ist überwiegend kiesig

ausgebildet mit wenig Sand und führt an der Basis häufig einen Steinhorizont. Nach oben nehmen die sandigen Komponenten zu und werden durch feinsandige bis lehmige Deckschichten abgeschlossen. Je nach Lage zum Main sind die Talsedimente mit mehr oder weniger Grundwasser erfüllt. Nach bisheriger Erkenntnis sind die Steinhorizonte den Kiesen bevorzugt im Süden der Schweinfurter Talebene eingelagert, während nach Norden eher Feinsedimente wie Schluffe und Tone mit Humusbestandteilen (z.T. bis 4 m) die gröberen Sedimente vertreten können. Einem Abbau hinderlich sind auch die sog. „Kalksteinfindlinge" (größere Muschelkalkbrocken) und die „Rannen" (eingeschwemmte Baumstämme), die meist an bestimmte Horizonte gebunden scheinen. Das Kornspektrum der Kiese setzt sich zusammen aus Sandsteinen, Quarzen, Hornsteinen und Muschelkalkgeröllen mit einem geringen Anteil an hellen Kalken aus dem Jura.

Trotz der in diesem Maintalabschnitt flächenhaften Lagerstättenverbreitung verbleiben dem Kiesabbau nur geringe Areale. Insbesondere wird das Gebiet südlich Schweinfurt von der Wasserversorgung der Stadt und von Industrieansiedlungen beansprucht. Erst im Raum Grafenrheinfeld und westlich Röthlein – Heidenfeld könnten in Abstimmung mit Naturschutz und Landwirtschaft noch größere Flächen in Abbau genommen werden.

Talabschnitt Schweinfurt – Bamberg

Die Flußstrecke zwischen Schweinfurt und Haßfurt, an deren Talhängen noch der Muschelkalk ausstreicht, ist nur wenige 100 m breit und durch Wasserschutzgebiete, Verkehrswege und Baggerseen stark beansprucht. Trotz guter Lagerstättenausbildung von ca. 6–8 m Mächtigkeit ist an eine großflächige Gewinnung derzeit wohl nicht zu denken. Erst mit dem Eintauchen des Muschelkalkes unter das Talniveau weitet sich das Tal bei Haßfurt, das bis Bamberg ein für den nordbayerischen Raum bedeutendes Lagerstättenpotential an Kies und Sand darstellt. Die Morphologie der Talebene, die nur von leicht eingemuldeten, ehemaligen Altwasserschlingen durchzogen ist, läßt keinen Schluß auf die Mächtigkeit der Sande und Kiese und deren Auflagerungsfläche zu. Die bisher bekannten Daten können nur andeutungsweise die Lagerstättenstruktur erfassen. Bohrungen zwischen Haßfurt und Augsfeld trafen den triassischen Untergrund unter einer Talfüllung zwischen 6,5 und 7,4 m, im Werksgelände der Zuckerfabrik Zeil bei maximal 9,2 m an. Gegen die Staustufe Knetzgau hebt sich das Liegende heraus, so daß für die Talaufschüttung hier kaum 5 m verbleiben. Eine muldenförmige Eintiefung des Untergrundes scheint also in der Talmitte zu verlaufen, wo mit einer Kies- und Sandmächtigkeit von 6–9 m, in günstigen Fällen sogar mit ca. 10 m zu rechnen ist. Diese Annahme bestätigt eine Bohrung zwischen Eltmann und Ebelsbach, die 9,4 m Lockersedimente durchteufte. Weiter in Richtung Bamberg scheint sich die Unterlage der Talfüllung zu verebnen, was mit einer geringen Mächtigkeitszunahme der Kiese und Sande verbunden ist. Zusammen mit der Auenlehmüberdeckung liegt die Mächtigkeit der quartären Talfüllung hier zwischen 9 und 11 m. Erst im Bereich der Regnitz-Mündung und des Bamberger Hafens kommt es örtlich wieder zu muldenförmigen Eintiefungen des Liegenden, wodurch an diesen Stellen die Talsedimente nochmals um einige Meter ansteigen können. Die Gewinnung dieser Lagerstätten wird zwischen

Eltmann und Bamberg durch die Trasse der Maintalautobahn stark beeinträchtigt, die mit Annäherung an Bamberg zusätzlich durch die Ausdehnung von Gewerbe- und Industrieflächen eingeengt wird.

Ausbildung und Eigenschaften: Der tiefste Teil der Talfüllung, der während der Kaltzeit der letzten Eiszeit gebildet wurde, ist durchschnittlich 2–2,5 m mächtig und beginnt häufig mit kiesreichen Sedimenten und einer basalen steinigen Lage, wie sie mainabwärts bereits des öfteren erwähnt wurde. Darüber folgen als postglaziale Bildungen mit mehreren Metern Mächtigkeit Fein- und Mittelsande, deren Kiesanteil gegen das Hangende abnimmt. Den Abschluß bilden feinsandig-schluffige Auensedimente, die in dickeren Lagen bevorzugt in ehemaligen Mainschlingen auftreten. Infolge der Mainregulierung durch Staustufen sind in deren Bereich die Sedimente unterschiedlich mit Grundwasser erfüllt, in weiterer Entfernung der Staustufen liegt das Grundwasser etwa 3–4 m unter Gelände, so daß bei voller Nutzung der Lagerstätte immer Baggerseen entstehen.

Bezüglich der petrographischen Zusammensetzung kann in der Kiesfraktion 2–5 cm bei Bamberg ein Maximum an hellen Jurakalken von über 50% bestimmt werden. Die chemisch und mechanisch geringe Transportresistenz dieser Kalke läßt ihren Anteil an der Grobkiesfraktion mainabwärts schnell schrumpfen, so daß Quarze und quarzitische Grobkiese an ihre Stelle treten. Der Anteil an gröberen Sandsteingeröllen bleibt in diesem Flußabschnitt in etwa gleich.

Stand 2000

Talabschnitt Bamberg – Rodachmündung

Nach dem Umbiegen des Maintales bei Bamberg nach Norden herrscht bis in den Raum um Lichtenfels eine mehr oder weniger deutliche asymmetrische Talform vor. Während die rechtsmainischen Talflanken sich mit einem deutlichen Geländeknick von der Talebene absetzen, steigt der linksmainische Talhang nur allmählich an. Am flachen Anstieg liegen über weite Strecken ältere Terrassensedimente. Zwischen Lichtenfels und der Rodachmündung wechselt die Situation, indem die Reste älterer Mainablagerungen hier rechtsmainisch zu finden sind. Sie erstrecken sich in unterschiedlicher vertikaler und horizontaler Ausdehnung zwischen Kösten und Marktzeuln.

Etwa ab der Itzmündung mainaufwärts ist aufgrund verschiedener geologischer Hinweise mit einer Verringerung der Mächtigkeiten der Talsedimente auf ca. 4–9 m zu rechnen, was durch ein sehr ausgeprägtes Relief des Liegenden bedingt ist. Mit zunehmender Einschnürung des Tales ab Lichtenfels ist auch der lateralen Ausdehnung der jüngeren Mainablagerungen der Raum genommen, wodurch das Angebot an Lagerstättenflächen merklich zurückgeht.

Ausbildung und Eigenschaften: Die mittel- bis altpleistozänen Sedimente sind nur örtlich von wirtschaftlicher Bedeutung, da sie häufig neben unregelmäßiger Mächtigkeit wegen ihrer Randlage mit Hangschutt vermengt sind und an Einmündungen von Seitentälern viele große plattige Weißjuragerölle enthalten können. Bei entsprechender Ausdehnung und günstigem Kornaufbau bieten sich diese Terrassenflächen durchaus für einen Abbau an, da sie weitgehend über dem Grundwasserspiegel liegen und keine Baggerseen entstehen lassen.

Der Sedimentaufbau des Talquartärs der Niederterrasse entspricht in seinem Profil in etwa dem des Mittelmainabschnittes. Die Abfolge beginnt über dem Liegenden mit einer Schicht aus Kies und Sand, darüber folgen Sande, die gegen die Oberfläche mit einer schluffig-lehmigen Lage abschließen. Abweichend davon können die abdeckenden Auensedimente fehlen, an anderer Stelle aber wieder mit über 4 m vertreten sein. Ähnliche Schwankungen findet man auch bei den zwischengeschalteten Sandpartien. Lediglich die basale Kieslage, als Rest der pleistozänen Talfüllung, scheint auszuhalten.

In diesem Talbereich macht sich im Geröllspektrum der Niederterrasse immer deutlicher der Einfluß des Frankenwaldes und des Fichtelgebirges bemerkbar. So bestimmen im Grobkies paläozoische Sandsteine, Quarzite und Schiefer das Bild, in geringerer Menge finden sich Lydite, Limonitschwarten und Sandsteingerölle aus Buntsandstein, Keuper und Dogger.

Stand 2000

Talabschnitt Rodachmündung – Bayreuth

Mit dem Abzweigen der Rodach verliert das Maintal weiter an Breite. Flußaufwärts verschiebt sich das Verhältnis von lehmigem Abraum zu verwertbarem Material zuungunsten von Sand und Kies. Bei Zettlitz reicht die kiesige Talfüllung noch örtlich bis über 6 m. Bei Burgkunstadt ist mit einer durchschnittlichen Mächtigkeit von ca. 4 m grobkörnigem Material zu rechnen, das von sandigen bis tonigen Schichten von ca. 1,5–2,5 m Mächtigkeit überlagert wird. Oberhalb des Zusammenflusses von Rotem und Weißem Main wird das Verhältnis von Abraum zu gewinnbarer Lagerstätte so ungünstig, daß hier nach heutigen Maßstäben kein Abbau mehr betrieben werden kann.

Regnitztal mit Nebentälern

(Ulrich Lagally)

Bereich Bamberg – Erlangen

Das Regnitztal bildet im Abschnitt zwischen Bamberg und der Wiesentmündung eine z.T. mehrere Kilometer breite Eintiefung in das mesozoische Deckgebirge, in welcher der Fluß mit seinem tiefstgelegenen, jüngsten Ablagerungsraum, der Talaue, in der ostseitigen Talhälfte verläuft. Von dort nach Osten bilden pleistozäne Flußterrassen einen treppenartigen Anstieg zur mesozoischen Schichtenfolge der Fränkischen Schweiz. Im Westteil des Tales finden sich nur holozäne Auenablagerungen, pleistozäne Terrassen fehlen dort.

Die einzelnen pleistozänen Terrassen sind deutlich ausgeprägt und begleiten die Talränder in gut unterscheidbaren Streifen wechselnder Breite. Neben der Oberterrasse, die ca. 15 m über dem Flußniveau liegt, lassen sich noch die Niederterrasse und die oft in die Talaue übergehende Unterterrasse unterscheiden.

Zwischen der Wiesentmündung und Erlangen verengt sich das Regnitztal zunehmend. Die Oberterrasse ist nur selten reliktisch vorhanden. Die Niederterras-

se, deren Abstand zur Talaue von Norden nach Süden zunimmt, ist morphologisch deutlich von dieser abgesetzt, jedoch sind nur unzusammenhängende Flächen im Talraum erhalten. Lediglich südlich von Möhrendorf wird das Tal von einem breiten Niederterrassenstreifen gesäumt.

Die quartäre Talfüllung des Regnitztales hat im allgemeinen eine Mächtigkeit von 8 m bis 12 m. Vereinzelt ist sie jedoch auch bedeutend größer und erreicht in der Niederterrasse im südlichen Abschnitt des Gebietes mitunter 20 m. Ähnliche Mächtigkeiten können im nördlichen Talabschnitt dort auftreten, wo der präquartäre Untergrund durch Erosionsrinnen zusätzlich eingetieft ist. Dies scheint vor allem in der östlichen Talhälfte, in der aufgrund weniger Bohrungen die ehemals tiefste Erosionsrinne vermutet wird, der Fall zu sein. Im Bereich der Talaue und der Vorterrassen kann in der Regel mit Sand- und Kiesablagerungen bis zu 10 m, auf den Niederterrassen – nach Süden zu – bis ca. 17 m ansteigend gerechnet werden.

In den Tälern der Hauptzuflüsse der Regnitz (Rauhe Ebrach, Reiche Ebrach, Aisch, Wiesent) wurden ebenfalls Sande und Kiese von zum Teil bedeutender Mächtigkeit abgelagert. Auch hier, vor allem im Aisch- und Wiesenttal, ist eine Terrassengliederung erkennbar, die jedoch nicht immer dieselbe Differenzierung und deutliche Ausbildung wie die des Regnitztales aufweist. Nur im Tal der Rauhen Ebrach finden sich als einzige Lokalität im Einzugsgebiet der unteren Regnitz Relikte eines höheren Terrassenstadiums, das die 25-m-Terrasse des Maintales repräsentiert. Die Mächtigkeit der Terrassensedimente ist im allgemeinen geringer als im Haupttal; jedoch werden auch hier stellenweise Ablagerungen bis zu 18 m angetroffen.

Der gesamte Talraum der Regnitz und ihrer Zuflüsse ist gekennzeichnet durch relativ hohe Grundwasserstände. In der Nähe der Flußläufe im Auenbereich steht das Grundwasser häufig bis 1 m unter Flur an. Zu den Talrändern hin ist eine Zunahme des Flurabstandes zu beobachten, der sich im allgemeinen im Bereich der verschiedenen Terrassenstufen (Vor-, Nieder- und Oberterrasse) bis auf ca. 5 m unter Gelände vergrößert.

Die pleistozänen Terrassensande sind häufig mit nicht verwertbarem Material überdeckt. Bis zu 2 m mächtige Lößlehmauflagen finden sich als nicht zusammenhängende Decken nahezu überall auf den einzelnen Terrassen. Dabei handelt es sich um Lehm, der entweder solifluktiver Entstehung ist oder durch kleine Bäche aufgeschwemmt wurde. Flugsande, vor allem entlang der Regnitz und der Reichen Ebrach, überlagern ganz allmählich die Sande und Kiese und können Mächtigkeiten von bis zu 8 m, teilweise auch mehr, erreichen (Nr. 831). Entlang der heutigen Flußläufe im Auenbereich sind holozäne Lockersedimente, vorwiegend bindige Sande und Kiese und häufig in rascher Wechselfolge, bis zu Mächtigkeiten von mehreren Metern abgelagert.

Ausbildung und Eigenschaften: Die einzelnen Terrassen unterscheiden sich in ihrer Zusammensetzung nur unwesentlich. Überwiegend handelt es sich dabei um mittelkörnige Quarzsande, denen linsenförmige Einschaltungen von Quarzkiesen mit Hornsteinen des Malm, Doggerschwarten, Sandsteinen und Lyditen eingelagert sind. Vor allem in den älteren Terrassen

finden sich gröbere Kieseinschaltungen, die bevorzugt als separate Schüttungskörper ausgebildet sind. Generell wird eine Kornvergröberung zur Basis der pleistozänen Talfüllungen hin beobachtet.

Die jüngeren Talsedimente füllen im Bereich der Vorterrasse und der Talaue Erosionsrinnen in den älteren, pleistozänen Ablagerungen und unterscheiden sich lithologisch nur unwesentlich von den Sedimenten der älteren Terrassen; vorwiegend sind sie sandig ausgebildet und führen nur selten größere Gerölle. Bemerkenswert im Bereich der Vorterrasse sind sogenannte Rannenhorizonte, Lagen mit eingeregelten Baumstämmen. Neben der sandigen Ausbildung finden sich nicht selten Zwischenlagen von feinsandig-schluffigem Material, das die im allgemeinen gute Qualität dieser Rohstoffe vermindern kann. Das Geröllspektrum weist im Sandbereich ein Vorherrschen der Quarzkomponente auf, während – mit Ausnahme der westlichen Zuflüsse – in der Kiesfraktion ein deutlicher Anteil von Malmgeröllen auffällt.

In den jüngsten Bildungen der untersten Talaue sind Sande, bindige Schluffe und Lehme vorherrschend, die stellenweise auch in anmoorige Bereiche übergehen können.

Gewinnung und Verwendung: Sand und Kies aus den quartären Talfüllungen des nördlichen Regnitzabschnittes und ihrer Zuflüsse wurden und werden an vielen Stellen abgebaut. Aufgrund des meist hohen Grundwasserstandes wird die Gewinnung vorwiegend als Naßabbau betrieben; nur in Bereichen zusätzlicher Flugsandauflagen kann es zu nennenswerten, trocken gewinnbaren Mächtigkeiten kommen.

Die als Baurohstoffe wichtigsten pleistozänen Terrassensedimente sind im allgemeinen nur unwesentlich mit nicht verwertbarem Material überdeckt. Humus, Auenlehm, Solifluktionsschutt, Löß und Lehm sind meist nur geringmächtig; selten übersteigen sie 1 m bis 2 m. Nur stellenweise bildet Hangschutt an den Talrändern, wo kleine Täler einmünden, bedeutendere Überlagerungen.

Die derzeit in Betrieb stehenden Gewinnungsstellen konzentrieren sich auf die Talräume der Regnitz und der Aisch. Vor allem im Gebiet beiderseits der Regnitz zwischen Strullendorf und Kersbach bei Forchheim sowie im Raum Höchstadt a.d. Aisch werden Sand und Kies meist im Naßabbau gefördert. Je zwei Kiesgruben finden sich bei Lauf a.d. Aisch und Röhrach südlich von Röttenbach.

Verwendung finden die Sande und Kiese vor allem in der Bauindustrie als Bausand und Betonzuschlag. Daneben werden sie als Straßen- und Wegeschüttmaterial (z.B. Frankenschnellweg) genutzt, an einigen Stellen auch weiterverarbeitet zu Betonziegeln und anderen Kunststeinen.

Die im Talbereich der Regnitz und Aisch gelegenen Abbaubetriebe dienen in erster Linie der Deckung des örtlichen Bedarfes. Daneben kommt ihnen aber auch wegen der Knappheit geeigneter Rohstoffvorkommen im Bereich des Steigerwaldes und der Fränkischen Schweiz regionale Bedeutung zu.

Obwohl vor allem in den Talmitten und im Bereich der Erosionsrinnen noch mit erheblichen Reserven an Sand und Kies gerechnet werden kann und auch in den höhergelegenen, talbegleitenden Terrassen qualitativ hochwertiges Material in

großer Menge auftritt, zeichnen sich bereits deutliche Konfliktsituationen ab, die zu einer baldigen Verknappung dieser Rohstoffe führen können. Vor allem durch Überbauung und ökologische Schutzmaßnahmen sind viele potentielle Gewinnungsstellen einem möglichen Abbau entzogen.

Stand 2000

Bereich Erlangen – Schwabach – Neumarkt

Große Flächen zwischen Erlangen, Altdorf, Schwabach und Feucht werden von Sanden unterschiedlicher Entstehung eingenommen, welche die bedeutendsten nordbayerischen Sandvorkommen darstellen. Bei den flächendeckenden Sandvorkommen handelt es sich überwiegend um Flugsande, die auf das mesozoische Deckgebirge sowie auf quartäre Flußterrassen in meist geringer Mächtigkeit aufgetragen wurden (Nr. 831). Weiter nach Süden verringern sich die sandüberdeckten Flächen und sind meist nur noch auf den Talverlauf der Rednitz und ihrer Zuflüsse begrenzt.

In den Talbereichen von Regnitz, Schwarzach, Rednitz und Pegnitz sowie in geringerem Maße in ihren Seitentälern kam es wie an der unteren Regnitz im Pleistozän zur Anhäufung von Lockersedimenten und zur Ausbildung unterschiedlicher Terrassenstufen. Es lassen sich ebenfalls drei ausgeprägte Stadien erkennen (Oberterrasse, Hauptterrasse = Niederterrasse, Vorterrasse). Jedoch ist südlich von Nürnburg wegen der Flugsandauflage eine genaue Differenzierung dieser Stufen nur selten möglich.

Die Flußterrassen nehmen häufig die Talbereiche auf ihrer gesamten Breite ein. Nur im Bereich der Flußläufe kam es zu teilweiser Erosion und Ablagerung holozäner Lockersedimente; nahe den Talrändern sind oft bedeutende Flugsandanhäufungen erhalten.

Das Regnitz/Rednitztal, das eine durchschnittliche Breite von 1–2 km aufweist, wird beiderseits des Flusses von Erosionsresten unterschiedlicher Terrassensedimente gesäumt, die oft Breiten von mehreren 100 m erreichen. In den etwas schmäleren Tälern der Schwarzach und Pegnitz sowie stellenweise auch der Regnitz/Rednitzzuflüsse sind Terrassensande ebenfalls bereichsweise aufgeschlossen. Eine flächenmäßig bedeutende Verbreitung haben sie vor allem entlang der Schwabach und Grundlach sowie im Gebiet nordwestlich von Altdorf, wo sie oft durch Flugsand überdeckt sind.

Eine Gesamtmächtigkeit der Terrassensedimente ist aufgrund örtlich schnell wechselnder Gegebenheiten wie Unebenheiten des präquartären Reliefs, vor allem der Ausbildung relativ schmaler, tiefer Erosionsrinnen, Oberflächenabtragung und Flugsandüberdeckung nur schwer anzugeben. Im allgemeinen erreicht die Oberterrasse, die ca. 20–25 m über dem heutigen Talgrund liegt, eine Mächtigkeit von 3 m, im Aurachgebiet und entlang des Farrnbaches sind jedoch bis zu 5 m in Abbau gewesen. Die Haupt- oder Niederterrasse, die bei Erlangen ca. 5 m, bei Schwabach bis etwa 20 m über der Talaue liegt, weist durchschnittliche Mächtigkeiten von 15–20 m auf, bedeutend mehr wurde aber bei Nürnberg (24 m) und entlang der Schwabach bei Erlangen (30 m) erbohrt. Die zwischen der Talaue und der Niederterrasse örtlich erkennbare Vorterrasse, deren Oberkante 2 m bis 3 m über dem Flußniveau liegt, ist nur von untergeordneter Bedeutung.

Im Bereich nordwestlich von Altdorf, wo – wie meist am Oberlauf der Regnitz/Rednitz-Zuflüsse – eine Differenzierung verschiedener Terrassenstufen nicht möglich ist, weisen die Sande – zusammen mit den überlagernden Flugsanden – Mächtigkeiten von 15 m bis 20 m auf.

Mit zunehmender Terrassenhöhe im Regnitz/Rednitztal von Norden nach Süden vergrößert sich auch der Flurabstand des Grundwasserspiegels. Während nahe der Flußläufe, auch entlang der seitlichen Zuflüsse, mit hohem Grundwasserniveau zu rechnen ist, steigt der Flurabstand zu den Talflanken und im Regnitz/Rednitztal nach Süden hin schnell bis auf mehrere Meter und erreicht im Bereich der Hochterrasse bei Schwabach ca. 10–12 m. In den Arealen, in denen die Terrassensande von Flugsanden überdeckt sind, liegt der Grundwasserspiegel bedeutend tiefer; so können z.B. die Abbaue nordwestlich von Altdorf bei Grubentiefen von ca. 20 m noch trocken geführt werden.

Die Terrassensande sind bereichsweise mit Flugsanden überdeckt, welche zu einer willkommenen Vergrößerung der Abbaumächtigkeiten beitragen. Überlagerungen von bindig-schluffigem Material und Lehm im Bereich der Flußläufe, die im Regelfall 1–2 m, örtlich bis zu 7 m mächtig sind, wirken sich ebenso wie anmooriges Gelände und humose Anreicherungen für einen Abbau negativ aus und müssen im Falle einer Rohstoffgewinnung abgetragen werden.

Von wirtschaftlich untergeordneter Bedeutung sind die sog. Hochgelegenen Schotter, die entlang der Regnitz/Rednitz und ihrer Zuflüsse isoliert und meist nur in kleinen Arealen erhalten sind. Da die Schotter meist auf lithologisch ähnlich zusammengesetztem, verwitterten Untergrund liegen, ist eine Abtrennung von diesem und eine Angabe ihrer Mächtigkeit meist nicht möglich; sie dürfte jedoch 2 m nicht übersteigen.

Ausbildung und Eigenschaften: Die Sande der einzelnen Terrassenstufen unterscheiden sich in ihrer lithologischen Zusammensetzung nur unwesentlich. Im allgemeinen handelt es sich um gelblich-rötliche, mittelkörnige Quarzsande, denen linsenförmige Körper aus hellen und rötlichen, bis zu 5 cm großen Quarzgeröllen, daneben Doggerschwarten, Malmhornsteinen, verkieselten Sandsteingeröllen und Lyditen eingeschaltet sind. In den fein- bis grobkörnigen Sedimenten der Oberterrasse finden sich zusätzlich verlehmte Lagen; im Bereich der Vorterrasse nimmt der Anteil an bindigem Material (Lehm und Schluff) noch weiter zu. Die Ablagerungen sind außer in lehmigen Anreicherungen und Ausfällungshorizonten von Mangan und Ortserde wenig verfestigt.

Im Bereich nordwestlich von Altdorf bestehen die Terrassensande fast ausschließlich aus mittelkörnigen, schräggeschichteten Quarzsanden. Grobe Gerölle sind selten und überwiegend an der Obergrenze der Terrassensande angereichert. Dabei handelt es sich im wesentlichen um Malmkalke, Hornsteine, Tonsteine und Doggerschwarten mit Durchmessern von 1–3 cm, selten bis 5 cm. Die Quarzsande haben ähnliche Kornsummenkurven wie die dort weit verbreiteten Flugsande und unterscheiden sich auch im Sortierungsgrad (1,34) nur unwesentlich von diesen.

Die Hochgelegenen Schotter sind im allgemeinen schwachsandige Fein- bis Grobkiese, deren Geröllspektrum vornehmlich Quarz, Sandstein, Karneol, Kieselholz und Hornsteine umfaßt. Bemerkenswert als Fremdkomponenten sind Lydite und schwarze Kieselschiefer.

Gewinnung und Verwendung: Mit Ausnahme des unmittelbaren Talauenbereiches können die Terrassensande in den meisten Vorkommen bis mehrere Meter unter Flur im Trockenabbau gewonnen werden; in den flugsandüberdeckten Gebieten erhöht sich dieser Abstand beträchtlich. Die zu bewältigenden Abraummächtigkeiten stellen meist aus lagerstättenkundlicher Sicht keine bedeutenden Hindernisse dar, jedoch ist eine Rohstoffgewinnung oft aus anderen Gründen (Besiedlung, Wasserwirtschaft etc.) erschwert.

Die derzeit in Betrieb befindlichen Abbaustellen konzentrieren sich auf den Bereich Lauf – Feucht – Altdorf. Von besonderem Interesse sind dabei die Vorkommen nordwestlich von Altdorf und im Bereich des Nürnberger Autobahn-Kreuzes, wo infolge der Flugsandauflage erheblich höhere Mächtigkeiten als in den normalen Terrassenstufen auftreten. Diese Gebiete weisen auch längerfristig noch bedeutende Reserven auf.

Eine Anzahl von Betrieben ist entlang der B 8 südöstlich von Feucht und an der Schwarzach angesiedelt, jedoch sind dort die weiteren Abbaumöglichkeiten aufgrund der geringen Vorräte beschränkt. Weitere Gruben mit oft geringeren Dimensionen finden sich im Tal der Bibert bei Zirndorf, nördlich von Schwabach, nordwestlich von Behringersdorf und im Tal der Schwabach bei Kleinsendelbach.

In den pleistozänen Terrassensanden liegen die Hauptreserven an Sand und Kies für den Großraum Nürnberg, welche vorwiegend in der Bauindustrie, zum Wege- und Straßenbau und als Material zur Kunststeinherstellung (Kalksandstein) Verwendung finden. Über den Rahmen der örtlichen Bedürfnisse hinaus stellen sie aber auch die Rohstoffbasis für sandarme Gebiete der weiteren Umgebung dar.

Wegen des bereits seit langer Zeit umgehenden Abbaues und des gestiegenen Bedarfes sind viele der ehemals reichen Vorkommen bereits ausgebeutet und meist rekultiviert. Da von den noch verbliebenen, abbauwürdigen Rohstoffvorkommen jedoch durch konkurrierende Interessen viele wahrscheinlich nicht genützt werden können, ist künftig eine Verknappung von Sand und Kies in dieser Region nicht auszuschließen. Vorbeugungsmaßnahmen, die dieser Entwicklung entgegenwirken, wie verstärkte Suche nach alternativen Rohstoffen wie z.B. mürbe Sandsteine und Bereitstellung ausreichender Abbauflächen, sollten rechtzeitig in Angriff genommen werden.

Stand 2000

Bereich Schwabach – Weißenburg – Hilpoltstein

Wie im nördlichen Abschnitt des Regnitz/Rednitz-Entwässerungssystems finden sich auch im Bereich der südlichen Zuflüsse z.T. weitverbreitet Terrassensedimente pleistozänen Alters. Die Täler der Rednitz, Aurach, Roth und Fränkischen Rezat, vor allem aber des Brombaches und der Schwäbischen Rezat werden von großflächigen Terrassenfeldern begleitet, die Breiten bis zu 1 km erreichen können. Besonders das Gebiet um

Weißenburg, das Brombachtal bei Müssighof sowie zwischen Grafenmühle und Seemannsmühle, der Unterlauf der Fränkischen Rezat bei der Hügelmühle und der Einzugsbereich der Roth zwischen Hofstetten, Pyras und Hilpoltstein weisen größere Niederterrassen auf. Holozäne Talfüllungen finden sich meist nur nahe der Flußläufe, im Haupttal der Schwäbischen Rezat und Rednitz jedoch ab Weißenburg flußabwärts mehr oder weniger über die gesamte Talweite. Das Rednitztal zwischen Georgensgmünd und Schwabach ist nur von einem schmalen Streifen von Terrassenschottern gesäumt.

Im Gegensatz zur differenzierten Ausbildung unterschiedlicher Terrassenstufen im Regnitztal treten hier im Talbereich meist nur zwei morphologisch gut unterscheidbare Verebnungsflächen auf: die Niederterrasse und die häufig in die Talaue übergehende Vorterrasse. Nur im Aurachtal finden sich stellenweise Reste der Oberterrasse. Talbegleitend kommen reliktisch ältere Flußablagerungen, sog. Hochgelegene Schotter, vor. Sie bestehen vornehmlich aus Material, das aus dem Frankenwald und Jura stammt und während des nach Süden gerichteten Abflusses der Urrednitz abgelagert wurde. Die Schotter liegen vorwiegend westlich der Rednitz und Roth ca. 20–50 m über der heutigen Talaue. Sie können mehrere Meter Mächtigkeit erreichen, sind aber für eine wirtschaftliche Gewinnung nur von untergeordneter Bedeutung.

Die Oberterrasse, ca. 23 m über der Talaue gelegen, ist südlich der Aurach zwischen Kaltenbach und Listenbach sporadisch, nach Westen zu zwischen Ebersbach und Bechhofen häufiger erhalten. Ihre Mächtigkeit übersteigt selten 1 m, so daß sie für einen Abbau meist nicht in Frage kommen.

Der Hauptanteil der pleistozänen Flußablagerungen liegt im Bereich der Niederterrassen. Sie treten zwischen der Mündung des Brombaches in die Rezat und Schwabach meist nur als schmale Säume entlang der Täler auf, erreichen aber in den Oberläufen der Flüsse z.T. erhebliche laterale Ausdehnung. Ihre Oberkante liegt in der Regel 10–15 m über der heutigen Talaue; an der Oberen Roth sinkt dieses Niveau auf ca. 4–5 m bei Hofstetten und nimmt flußaufwärts stetig ab. Im Raum Weißenburg dagegen liegen Niederterrassen bis 20 m über dem Fluß.

Die Mächtigkeit der Sande und Kiese der Niederterrasse variiert im allgemeinen zwischen 8 m und 15 m. Im Brombachtal erreichen sie nur 5–8 m und nehmen nach Westen zu bis auf ca. 2,5 m ab; jedoch finden sich gerade in diesem Bereich ältere Erosionsrinnen mit lokalen Sedimentanhäufungen von 15 m bis über 20 m, die jedoch nicht immer mit dem heutigen Flußverlauf übereinstimmen.

Sande und Schotter eines Vorterrassenniveaus, wie sie im Unterlauf der Regnitz noch häufig auftreten, sind nur an wenigen Stellen sicher nachgewiesen. Entlang der Schwäbischen Rezat bei Niedermauk und bei der Seemannsmühle sowie an der Fränkischen Rezat zwischen der Hügelmühle und Trautenfurt lassen sich morphologisch zwischen Talaue und Niederterrasse Vorterrassen abgliedern, die ca. 3–5 m über dem heutigen Flußniveau liegen, aber keine bedeutende flächenmäßige Ausdehnung erreichen.

Die Grundwassersituation im Bereich des Rednitz-Einzugsgebietes oberhalb Schwabach ist im wesentlichen die gleiche wie in den nördlichen Teilen dieses Flußgebietes. Nahe der fließenden Gewässer in der Talaue ist der Grundwasserspie-

gel im Niveau des Flußwasserspiegels zu erwarten. Zu den Talrändern hin ist eine Vergrößerung des Flurabstandes, vor allem im Bereich der Terrassensedimente festzustellen. Im Bereich der Niederterrassen steht das Grundwasser vorwiegend erst unterhalb des Auenniveaus an, so daß dort Trockenabbau erfolgen kann. Die Bereiche der Hochgelegenen Schotter sind meist nicht grundwasserführend.

Die pleistozänen Lockergesteine sind in der Regel nur von wenig unverwertbarem Material bedeckt. Dabei handelt es sich im wesentlichen um Bodenbildungen, deren Mächtigkeit jedoch 0,5 m nicht übersteigt. Im Bereich der Talaue kam es zu teilweiser Erosion der Schotter und Ablagerung von bis mehrere Meter mächtigen Auensedimenten wie Ton, Sand und Lehm.

Ausbildung und Eigenschaften: Die verschiedenen Terrassenstufen sind in bezug auf Schichtaufbau und Kornzusammensetzung sehr ähnlich ausgebildet. Sie bestehen aus gelben, braunen und rotbraunen, mittel- bis grobkörnigen Sanden, denen stellenweise Kiese sowie vereinzelte Steine zwischengeschaltet sind. In der Regel finden sich auch stark lettige Partien geringer Dimensionen; Ortstein- und Manganausfällungshorizonte bilden manchmal verfestigte Lagen. Die lithologische Zusammensetzung spiegelt weitgehend die Liefergebiete wider; so überwiegen in der Sandfraktion gut gerundete Quarzkörner, während die Kiesfraktion aus bis zu 2 cm großen, weißen und rötlichen Quarzen, Lyditen und Karneolen sowie verschiedenartigen Sandsteinen besteht. Ein Bindemittel fehlt völlig.

Im südlichen Bereich der Rezat, besonders bei Weißenburg, liegen in den Sand- und Schotterterrassen sog. Malmkalkscherben; die Lagen aus plattigen Bruchstükken von Malmkalk in einem lehmigen Substrat sind ca. 5 m mächtig. Diese Ablagerungen sind nur sporadisch verbreitet, dünnen nach Norden zu rasch aus und verschwinden bei Ellingen gänzlich.

Die ebenfalls unverfestigten, Hochgelegenen Schotter zeigen oft Anzeichen einer späteren Umlagerung. Neben Quarzen und Sandsteinbrocken treten besonders große Lydite, Hornsteine, Quarzite und Toneisensteine in Erscheinung. Die Gerölle sind gut gerundet und in der Mehrzahl ca. 2 cm im Durchmesser; bestimmte Komponenten wie Juraquarzite und Lydite liegen vorwiegend als faustgroße Stücke vor, nehmen jedoch nach Süden in ihrer Größe deutlich ab.

Gewinnung und Verwendung: Grundwassersituation und Überlagerung mit nicht verwertbarem Material behindern in den meisten Bereichen des Rednitz/Rezat-Gebietes zwischen Roth und Weißenburg eine Rohstoffgewinnung nur unwesentlich. In den Talauen, die hohe Grundwasserstände und mehrere Meter Abraum aufweisen, sowie im Bereich der Niederterrassen bei Weißenburg, die oft verunreinigt bzw. überlagert sind, stößt Sandgewinnung jedoch auf Schwierigkeiten. Entlang des Igelsbaches, der in den Brombach mündet, waren Abbaue wegen des oberflächennahen Grundwassers auf wenige Meter mächtige Lagen beschränkt. Im Zuge des Ausbaues des Brombachspeichers ist jedoch die gesamte künftige Speicherfläche zum Abbau freigegeben worden und inzwischen größtenteils ausgesandet.

Die zur Zeit betriebenen Gewinnungsstellen konzentrieren sich auf das Rednitztal zwischen Rednitzhembach und Roth, nordöstlich von Georgensgmünd

und an der Mündung des Brombaches, auf das Aurachtal bei Neumühle und Bechhofen, auf den Unterlauf der Fränkischen Rezat bei der Hügelmühle sowie das Rothtal bei Hofstetten und nordwestlich von Pyras.

Die Sande und Kiese werden überwiegend in der Bauindustrie sowie für Straßen- und Wegebau verwendet. Sie stellen einerseits die Rohstoffbasis für ortsansässige, weiterverarbeitende Betriebe dar (Betonsteine, Betonröhren, Zementgußsteine), andererseits werden sie auch außerhalb der näheren Umgebung als Bau- und Straßenschüttmaterial verwendet. Baurohstoffe aus dem Rednitz/Rezat-Bereich werden bis in das Gebiet von Ansbach und ins Ries transportiert. Manche Sande wie z.B. vom Unterlauf des Brombaches eignen sich nach entsprechender Aufbereitung zur Herstellung von Braun- bzw. Buntglas.

Viele der qualitativ guten Sand- und Kiesvorkommen sind bereits abgebaut, vor allem dort, wo großflächiger Abbau möglich war. Mit der Flutung des Brombach-Speichers werden die bis dahin noch nicht gewonnenen Vorräte einer weiteren Nutzung entzogen. Kleinere Areale mit verwertbaren Vorkommen finden sich noch in den anderen Flußtälern, doch sind viele davon wegen Überbauung bzw. Schutzmaßnahmen nicht zugänglich. Großflächige Vorkommen wie bei Weißenburg und Hilpoltstein erfordern wegen der schlechteren Qualität bzw. geringeren Mächtigkeit zwar höhere Investitionen, können aber in die mittelfristigen Planungen einbezogen werden. Langfristig bieten sich auch hier als alternative Rohstoffe entsprechend aufbereitete mesozoische Sandsteine an.

Stand 2000

Naabgebiet

(HERMANN WEINIG)

Die quartären Flußablagerungen des Naabtalsystems sind mehreren Aufschüttungsperioden bzw. Eiszeiten zuzuordnen. Eine Gliederung nach Schüttungseinheiten ist im talnahen Bereich gut vorzunehmen, bei höhergelegenen Schottern dagegen nur noch undeutlich ausgebildet oder auch infolge Erosion oder Solifluktion völlig verwischt. Die Schotter des Naabsystems sind je nach Alter bzw. Höhenlage sehr unterschiedlich zusammengesetzt, aber auch innerhalb einer Schottereinheit, so besonders bei den höhergelegenen Terrassen, treten große Abweichungen in der Materialbeschaffenheit auf. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit, die Quartärablagerungen des Naabtalsystems nach Verbreitung und Qualität der Lagerstätten wie folgt aufzugliedern:

Naabgebiet zwischen Weidenberg – Kemnath – Pressath

Haidenaab und Waldnaab zwischen Luhe und Pressath bzw. Neustadt (Talaue und Niederterrasse)

Höher gelegene Terrassen zwischen Pressath und Mantel

Naabtal zwischen Luhe und Mündung

Talsenke östlich Schnaittenbach und der Creußen.

Naabgebiet zwischen Weidenberg – Kemnath – Pressath

Die Sand- und Kiesvorkommen in der Umgebung von Kirchenpingarten liegen im Einzugsgebiet der Naab. Gegen das Einzugsgebiet des Mains begrenzt ein halbkreisförmiger, mehrere 100 m breiter, pliopleistozäner Sedimentgürtel die Talmulden der nordwestlichen Haidenaabquellbäche. Dieser zieht sich in geschlossener Ausbildung von Muckenreuth über Langengefäll und Kirmsees bis Tressau. Auf den östlich von Tressau gelegenen Höhen und Höhenzügen findet man die Fortsetzung dieser Umrahmung nur noch in Resten. In den Talmulden, die sich vom Fichtelgebirge her nach Süden ausweiten und zwischen Reislas und Tressau über 3 km Ost-West-Ausdehnung erreichen, liegen mit Übergang zu den Hochschottern pleistozäne sandige Kiese. Ähnliches gilt für die Talweitung der Haidenaab zwischen Linlas und Herrenmühle.

Das unsortierte, schuttähnliche, bunte Gesteinsmaterial entstammt fast ausschließlich der metamorphen Schieferhülle des Fichtelgebirges und den vorgelagerten Rotliegendsedimenten. Es führt als Hauptbestandteil der Kiesfraktion (ca. 70–80%) Quarze, Quarzite und quarzitische Schiefer, der Rest verteilt sich auf verschiedene andere schieferige Metamorphite. Die in den Talmulden bis auf ca. 4 m anwachsende Mächtigkeit nimmt gegen die randlichen Höhen der Wasserscheide noch etwas zu und kann über 6 m erreichen.

Nach ihrer Kornzusammensetzung sind diese Ablagerungen als Kiese mit teilweise hohem Grobkies- und Steinanteil und geringem bis mittlerem Sandanteil anzusprechen. Bis 50 cm große Riesengerölle treten auf. Nach derzeitiger Kenntnis scheint der Sandanteil gegen die Talmulden zuzunehmen. Geringe Transportbeanspruchung der Gerölle und damit fehlende mechanische Auslese hinterließen in den Sedimenten noch viele weiche bzw. gegen Bruch anfällige Gesteinskomponenten, die eine Gewinnung eines homogenen Materials nicht erlauben. Der um die Mitte der 70er Jahre begonnene Abbau zwischen Reislas und Tressau wurde deshalb nach kurzer Zeit wieder eingestellt.

Eine weitere pleistozäne Schotterfläche am Rande des Alten Gebirges liegt im Einzugsgebiet der nordöstlichen Quellbäche der Haidenaab zwischen Immenreuth und Oberbruck. Verglichen mit dem Gebiet um Kirchenpingarten fehlt hier der Übergang zu den höhergelegenen Terrassenablagerungen, die hier nur noch als dünne Bestreuung nachzuweisen sind. Auch dieses Sediment setzt sich aus typischem Fichtelgebirgsmaterial zusammen, wobei der Anteil schieferiger Metamorphite (Korngröße 2–5 cm) bei 30–40% liegt.

Die nach Süden den Muschelkalk durchbrechenden Täler der Haidenaab und ihrer Zuflüsse werden nur bereichsweise von schmalen Terrassen begleitet. Während die höhergelagerten Terrassen geringmächtig oder als dünner Schotterschleier ausgebildet sind, erreichen die nur wenig über dem Talgrund abgesetzten Terrassen örtlich mehrere Meter Mächtigkeit. Diese wurden in bescheidenem Umfang nördlich Reislas abgegraben. Die holozänen Talfüllungen, die bis über 7 m in den präquartären Untergrund eingeschnitten sein können, sind vorwiegend aus Sanden und Schluffen zusammengesetzt und kommen in diesem Bereich für eine Gewinnung nicht in Frage.

Zwischen Kurbersdorf und Feilershammer begleiten die Haidenaab linksseitig die sog. „Zessauer Schotter", die sich nach neueren Untersuchungen in zwei Niveaus (15–20 m und 40–45 m über dem Tal) untergliedern lassen. Es handelt sich meist um gelbe bis rostbraune sandige Grobkiese, die mit Sanden wechsellagern. Mit Mächtigkeiten, die nur bereichsweise 5 m überschreiten, dürften sie deshalb für einen wirtschaftlichen Abbau kaum geeignet sein.

Haidenaab und Waldnaab zwischen Luhe und Pressath bzw. Neustadt (Talaue und Niederterrasse)

Die Talauen von Haidenaab, Waldnaab und Naab stellen den tiefsten, nahezu ebenen Talboden dar, der meist scharf gegen höhere Terrassen oder Hanganstiege abgegrenzt ist. Die Mächtigkeiten scheinen infolge eines wechselnden Rinnenreliefs der Quartärbasis stärkeren Schwankungen unterworfen zu sein. Es ist mit Mächtigkeiten zwischen 4 und etwa 10 m zu rechnen. Die von geringmächtigen Auensedimenten bedeckten Schotter sind bis in Flurnähe von Grundwasser erfüllt.

Die hellen, graufarbenen Schotter des Haidenaabtales bestehen aus sandigen bis stark sandigen Kiesen der Fein-, Mittel- und Grobfraktion in etwa gleichen Anteilen, während das sandige Zwischenmittel vorwiegend grob ausgebildet ist. Abschlämmbare Bestandteile treten sowohl im Kornverband wie auch als geschlossene Zwischenlagen weitgehend zurück. Die Gerölle bestehen überwiegend aus Quarzen und kristallinen Härtlingen. Die schlecht bis kantengerundeten Kiese stellen unverwittertes, widerstandsfähiges Material dar.

Im Bereich der Waldnaab könnte dagegen mit bereichsweise erhöhten Schluffanteilen wie auch mit einem gewissen Anteil brüchiger Kristallinkomponenten bei sonst ähnlicher Kornzusammensetzung gerechnet werden.

Die immer mit der Bildung von Baggerseen verbundene Kiesgewinnung spielt sich derzeit in größerem Umfang ausschließlich im Tal der Haidenaab ab, vor allem bei Hütten, zwischen Hütten und Mantel sowie bei Etzenricht. Das Tal der Waldnaab ist dagegen von Kiesgewinnung noch nahezu unberührt. Die Talkiese der Naabtäler stellen einen hochwertigen Rohstoff dar, der vor allem wegen der sonst im nordbayerischen Raum nur mangelhaft vertretenen Kiesanteile („Körnung") eine besondere Stellung einnimmt. Das Material deckt gerade den Bedarf des nahegelegenen oberpfälzer Raumes wie auch den der östlich anschließenden Kristallingebiete des Oberpfälzer Waldes.

Größere Freiräume für künftige Kiesgewinnung bestehen vor allem im Tal der Waldnaab zwischen Weiden und Unterwildenau, in gewissem Umfang auch noch im Tal der Haidenaab. Jedoch wird aufgrund der engräumigen Ausbildung der Täler, die ohnehin erst unterhalb Pressath bzw. Neustadt die Einrichtung von Gewinnungsstellen mittleren Umfangs zulassen, der Kiesabbau zunehmend konkurrierenden Flächenansprüchen und Interessen ausgesetzt sein.

Die Talaue der Haidenaab wird abschnittsweise von einer Niederterrasse begleitet, deren Oberfläche im Mittel 4–6 m über dem Niveau des tiefsten Talbodens liegt. Die Schottermächtigkeiten sind mit etwa 7–9 m zu veranschlagen, wobei etwa die Hälfte der Schotter über der Grundwasseroberfläche liegt, die sich aus der Talaue mit leichtem Anstieg in diese Terrasse fortsetzt.

Die Schotter dieser Terrasse sind im Vertikalprofil deutlich in zwei Faziesausbildungen gegliedert, wobei die Faziesgrenze in etwa mit der Grundwasseroberfläche zusammenfällt. Über dem Grundwasser stehen bis zu 4 m mächtige kiesige Mittel- bis Grobsande an. Der Gehalt an Kiesen, die vorwiegend der Mittelfraktion angehören und bei mäßigem Rundungsgrad durchweg als Härtlinge vorliegen, schwankt dabei horizontal wie vertikal zwischen schwacher Kiesbeimengung und stark sandigen Kiesen. Im allgemeinen überwiegt der Sandanteil. Unter der Grundwasseroberfläche stehen sandige Kiese vorwiegend der Mittel- und Grobfraktion an. Dieser Faziestyp, dessen Mächtigkeit mit durchschnittlich 4–5 m anzunehmen ist, kann mit den oben beschriebenen Talschottern verglichen werden.

Im Bereich dieser Niederterrasse lag bisher der Schwerpunkt der Kies- und Sandgewinnung in der nördlichen Oberpfalz. Allerdings wurde bisher fast nur die feinere, als Baustoff weniger wertvolle Hangendfazies dieser Terrasse im Trockenabbau genutzt. So ist die Terrasse zwischen Troschelhammer und Gmünd bereits weitgehend großflächig abgetragen, ebenso an vielen Stellen beiderseits der Talaue zwischen Hütten und Oberwildenau. Nur wenige Bereiche der Haidenaab-Niederterrasse können in dieser Weise noch genutzt werden.

Als künftiges Rohstoffpotential bieten sich jedoch die bisher weitgehend ungenutzten, groben und daher als Baustoff wesentlich wertvolleren Liegendkiese an. Selbstverständlich kann der Naßabbau dieser Kiese nicht ebenso großflächig, sondern nur schwerpunktmäßig betrieben werden, so daß der Materialgewinnung auch hier gewisse Grenzen gesetzt sind. Jedoch sollte die Möglichkeit, in diesem Raum gröberes Korn zu gewinnen, in größtmöglichem Umfang genutzt werden.

Stand 2000

Höher gelegene Terrassen zwischen Pressath und Mantel

Über der Niederterrasse der Haidenaab folgen mehrere mittel- und altpleistozäne Terrassen, die bis zu 60 m über die Talsohle ansteigen. Ihr Verbreitungsgebiet sind der „Bürgerwald" und die „Mark" sowie der Manteler Forst, etwa südöstlich der Bahnlinie Pressath – Weiden.

Die Oberflächen dieser häufig nur schwer voneinander abzutrennenden Schottereinheiten zeigen infolge ihres Alters nicht mehr die Idealform von Terrassenverebnungen. Vielmehr schufen Erosions- und Umlagerungsvorgänge ein von sanften Mulden und Rücken geprägtes Relief. Dieses Oberflächenrelief ist zusammen mit Rücken und Rinnen der Quartärbasis verantwortlich für stärkere Mächtigkeitsschwankungen der Schotter, die in ungünstigen Fällen bis auf Null

abnehmen können. Im Mittel erreichen die in den Aufschlüssen zu ersehenden Mächtigkeiten Werte zwischen 3 und 6 m. Über den tonig verwitterten und daher stauenden mesozoischen Sandsteinen bilden sich, da hoch über dem Vorfluter liegend, in der Regel nur unbedeutende, geringmächtige Grundwasserkörper im Schotter aus, die nur in Rinnenbereichen auf etwa 2–3 m ansteigen, häufig aber auch ganz fehlen. Deckschichten sind nicht ausgebildet.

Es ist zweckmäßig, die hochgelegenen Schotter nach Ausbildung, Lage und geologischem Kenntnisstand in drei Gruppen zu unterteilen:

Im Gebiet des „Bürgerwaldes" und der „Mark" sowie zwischen Mantel und Gmünd steigen die Schotter bis zu 20 und 25 m über die Talaue an. Es handelt sich um einen Bereich, in dem weitgehend geschlossene Verbreitung der Schotter nachgewiesen bzw. anzunehmen ist.

Das Material dieser wahrscheinlich aus zwei Schüttungskörpern bestehenden Schottergruppe zeigt sehr unterschiedliche Zusammensetzung, die sich in z.T. raschem horizontalem wie vertikalem Fazieswechsel äußert. Neben wohlgeschichteten, unterschiedlich kiesigen Sanden, zuweilen auch fast reinen Sanden, treten unsortierte, sandige bis stark sandige Grobschotter mit z.T. kopfgroßen Geröllen auf. Die meist kräftig braunroten Schotter können auch tonig-schluffige Bestandteile in feiner Verteilung enthalten. Insgesamt sind diese Ablagerungen durch ein weites Korngrößenspektrum bei örtlich stark schwankender Ausbildung gekennzeichnet. Aus der Sicht der Aufbereitung empfehlen sich daher weiträumige Abbaufelder, um Inhomogenitäten des Schotterkörpers einigermaßen auszugleichen.

Die Qualität dieser Kiessande fällt gegenüber denen der jüngeren Talsedimente (s.o.) in der Regel deutlich ab, da die schlechte Sortierung und Verunreinigungen der Schotter letztlich einen höheren Aufwand hinsichtlich ihrer Aufbereitung erforderlich machen und die Kiesgewinnung streckenweise sogar ausfallen kann.

Trotzdem werden diese Schotter heute an mehreren Stellen abgebaut. Neben der vom Materialbestand her durchaus möglichen Verwendung als Betonbaumaterial wird der unaufbereitete Schotter derzeit hauptsächlich im Straßenbau eingesetzt. Diese Schottervorkommen sind daher als Rohmaterial anzusehen, das mit fortschreitender Erschöpfung der jüngeren Schotter (s.o.) zunehmend an Bedeutung gewinnen wird. Durch einen großflächigen Trockenabbau dieser Terrassen erfolgt eine Tieferlegung der Oberfläche, die somit der Waldnutzung erhalten bleibt. Nur bei nachweislich guten Vorkommen im Grundwasser wäre ein Abbau auch solcher Bereiche sinnvoll.

Die Hochlagen des „Bürgerwaldes und der „Mark" nehmen Ablagerungen ein, die auf der geologischen Karte von Bayern i.M. 1:25.000 als „Hochschotter" auskartiert sind. Die ursprüngliche Mächtigkeit der Hochschotter beträgt etwa 7 m, nimmt aber in Muldenlagen und randlich teils auf 3–4 m ab. Da die Schotter einem Höhenrücken aufliegen, können sie über stauendem Mesozoikum nach allen Seiten entwässern, weshalb die Hochschotter völlig grundwasserfrei sind.

Die bisher in zwei größeren Gruben abgebauten Schotter zeigen einen Lagenwechsel von rotfarbenen sandigen bis stark sandigen Kiesen mit helleren, reinen Sanden der Mittel- bis Grobfraktion. Die Gerölle vermitteln den Eindruck von Grobschottern, die jedoch alle Kiesgrößen wie auch Steinanteile enthalten. Stellenweise sind die meist sperrigen Sande schwach bindig-lehmig ausgebildet.

Die Kiessande werden nach Aufbereitung als Bitumenbeimengung, Maurersand oder als unaufbereitetes Grubenmaterial im Straßenbau verwendet. Grundsätzlich wäre jedoch nach entsprechender Aufbereitung ihr Einsatz auch in anderen Bereichen der Bauindustrie, etwa im Betonbau, möglich. Die Hochschotter sind daher als künftige Rohstoffreserve anzusehen, wobei einer abschnittweisen großflächigen Tieferlegung der Geländeoberfläche des gesamten Höhenrückens eine Wiederaufforstung folgen könnte.

Neben den beiden vorstehend behandelten Schottern bzw. Schottergruppen treten Kiese und Sande weitgehend unbekannter Ausdehnung, Ausbildung und Mächtigkeit an vielen Stellen des Raumes Weiden–Grafenwöhr auf. Als vermutlich einigermaßen großflächig zusammenhängende Verbreitungsgebiete sind die südliche „Mark", der Manteler Forst im SW der Bahnlinie Weiden – Pressath sowie der Etzenrichter Forst zwischen dem Röthenbach und Oberwildenau anzusehen. Die Unregelmäßigkeit dieser mittel- bis altpleistozänen (?), weitgehend grundwasserfreien Ablagerungen ist dabei durch ihre etwas stärkere Zertalung sowie durch kuppige Aufragung des Untergrundes bedingt.

Die Kiese und Sande sind bisher nicht durch größere Abbaue erschlossen. Dieser Umstand ist sicher auf die Unbeständigkeit der Kiesvorkommen zurückzuführen, deren Zusammensetzung wohl mit den Ablagerungen von Bürgerwald und Mark (s.o.) verglichen werden kann. Solange noch anderweitig höherwertige, besser bekannte und abzubauende Schotter zur Verfügung stehen, ist mit Abbauinteressen in diesen Räumen nur in beschränktem Umfang zu rechnen. Die noch besser zu erkundenden, nach bisherigem Kenntnisstand teils nur als „kieshöffig" einzustufenden Räume sind daher als künftige Reserve anzusehen.

Stand 2000

Naabtal zwischen Luhe und Mündung

Zwischen Luhe und Naabmündung erfolgt nach den Engtalbereichen zwischen Luhe und Schwarzenfeld auf 20 km Länge eine 2–3 km messende Aufweitung des Tales von Schwarzenfeld bis Burglengenfeld. Südlich Burglengenfeld tritt die Naab in den Jura ein, der keine nennenswerten Auenflächen mehr entstehen ließ. Die quartären Ablagerungen dieses Talabschnitts sind mehreren Aufschotterungsperioden zuzuordnen, von denen jedoch nur die jüngeren Ablagerungen großflächig in ursprünglicher Mächtigkeit erhalten sind und damit für die Kies- und Sandgewinnung Bedeutung erlangen. Diese Ablagerungen liegen im wesentlichen im Bereich des tiefsten Talbodens der Naab (Holozäne Talaue). Lediglich im Raum zwischen Burglengenfeld und Schwandorf tritt zusätzlich eine durch eine sanfte, 1–2 m hohe Geländestufe abgesetzte Terrassenfläche (Niederterrasse?) am östlichen Talrand auf.

Die Mächtigkeiten des Naabtalquartärs erreichen Werte bis zu 10 m, wovon in der Regel 1–2 m auf schluffige Auensedimente entfallen. Im Durchschnitt ergeben sich damit verwertbare Kies-Sand-Mächtigkeiten von etwa 5–8 m, wobei mit stärkeren Schwankungen durch ein welliges Tertiärrelief gerechnet werden muß. Die Niederterrasse des östlichen Talrandes dünnt etwa im Bereich der Bahnlinie aus: Es schließt sich eine aus Tertiär gebildete bzw. von geringmächtigen verschwemmten Sanden überdeckte Ebene an, die fast unmerklich ansteigt. Das Grundwasser steht im Bereich des gesamten für die Kies- und Sandgewinnung in Betracht kommenden Tales nahe, d.h. 1–2 m, unter Flur.

A u s b i l d u n g u n d E i g e n s c h a f t e n: Die jungquartäre Füllung des Naabtales setzt sich zusammen aus stark mittel- und grobsandigen Fein-, Mittel- und Grobkiesen mit einem gewissen Stein- und Blockanteil. Das Kies-Sand-Verhältnis scheint stärkeren Schwankungen unterworfen. Die Terrassenablagerungen sind etwas stärker sandig ausgebildet und dürften zu etwa gleichen Teilen aus Kiesen und Sanden bestehen. Ebenso deuten Aufschlüsse in der Engtalstrecke zwischen Pfreimd und Luhe eine etwas stärker oder auch überwiegend sandige Ausbildung der Quartärfüllung des Naabtales an. Im Bereich der Einmündung von Nebentälern, etwa des Hütten- oder Fensterbaches ist mit der Einschwemmung sandigen oder auch schluffigen Materials zu rechnen.

Im allgemeinen besitzt jedoch das aus Quarzen und sonstigem Kristallin bestehende Material der Naabtalaue Baustoffqualitäten, die mit dem Material des Donaugebietes vergleichbar sind. Der Anteil instabiler Gerölle, etwa an Gneisen, ist gering. Der Mangel an Kieskorn wird teils durch Zufuhr von außerhalb oder auch durch gebrochenes Festgestein (Jura, Kristallin) behoben.

G e w i n n u n g u n d V e r w e n d u n g: Die Talaue der Naab ist eine der wenigen Grobkies führenden Quartärablagerungen nördlich der Donau. So ist es verständlich, daß dieses Flußgebiet seit langem in starkem Maß durch die Gewinnung von Kies und Sand in Anspruch genommen wird: Schwerpunkte des Abbaus befinden sich östlich der Naab zwischen Teublitz und Klardorf, vor allem aber östlich Büchelkühn. Weiter verstreut liegen zahlreiche Kiesgruben im Raum südlich Schwarzenfeld. Stark in Anspruch genommen ist auch die Engtalstrecke zwischen Wernberg und Luhe.

Während die Engtalstrecken kaum mehr Kiesabbau in größerem Umfang vertragen, bieten sich in den Talräumen südlich Schwarzenfeld, vor allem auch westlich der Naab bis Schwandorf, und in einigen Talbereichen zwischen Schwandorf und Burglengenfeld noch recht umfangreiche Freiflächen als potentielle Abbaugebiete an. Es ist jedoch bereits heute festzustellen, daß dem Kiesabbau im engräumig strukturierten, dicht besiedelten Naabtal aus raumordnerischen Gründen zunehmend Beschränkungen auferlegt werden.

Stand 2000

Talsenke östlich Schnaittenbach und der Creußen

Von den verschiedenen Sedimenten der weiten T a l s e n k e z w i s c h e n S c h n a i t t e n b a c h u n d d e m N a a b t a l führen vor allem die Niederterrasse, daneben auch zwei ältere, in Resten erhaltene Terrassen Sande und Kiese.

Die älteren Schotter, die weitgehend außerhalb des Grundwasserbereiches liegen, begleiten den Einschnitt des Ehenbaches zwischen Schnaittenbach und Holzhammer. Wie aus einer kleinen Kiesgrube östlich Schnaittenbach zu ersehen ist, enthalten die älteren Terrassen vermutlich sandige Kiese. Ursprüngliche Mächtigkeiten sind durch fortgeschrittene Abtragung nur an wenigen Stellen erhalten. Sie betragen nur wenige Meter.

Die Niederterrasse nimmt verhältnismäßig weite Gebiete zwischen Holzhammer und dem Naabtal beiderseits des Ehenbaches ein. Sie ist überwiegend mittelsandig ausgebildet, der Kiesanteil beträgt kaum über 10%. Da die Niederterrasse nur an wenigen Stellen aufgeschlossen ist, ist jedoch ein stärkerer Wechsel des Materialinhaltes nicht auszuschließen. Über die Mächtigkeiten liegen keine repräsentativen Kenntnisse vor. Jedoch ist über der vermutlich durch linienhafte Erosion reliefierten Quartärbasis mit stärkeren Schwankungen zu rechnen, wobei das Mittel bei wenigen Metern liegen dürfte. Ein Abbau der Niederterrasse wird in der Regel mit einem Anschneiden des Grundwasserkörpers verbunden sein, da nur ein Teil der Kiessande trocken liegt.

Eine Kies- oder Sandgewinnung größeren Umfanges ist im Gebiet der Schnaittenbacher Senke in näherer Zukunft nicht anzunehmen: Die älteren, kiesführenden Terrassen besitzen zu geringe Ausdehnung, um größere Bedeutung zu erlangen. Die Niederterrasse könnte jedoch nach entsprechender Vorerkundung bereichsweise zur Sandgewinnung genutzt werden.

Die Talsenke der Creußen nördlich Grafenwöhr – Eschenbach stellt ein größeres Gebiet quartärer Ablagerungen dar. Die Ablagerungen der Creußen liegen in einer 2–3 km breiten Talmulde als Aufschüttungsebene vor, die von sanften holozänen Senken durchzogen ist.

Die nur in Gräben oder sonstigen Anschnitten aufgeschlossenen Sedimente dürften sich auch im nicht einsehbaren Untergrund fast ausschließlich aus Sanden mittlerer bis feiner Korngröße zusammensetzen, da größere Geröllanteile aus dem Einzugsgebiet der Creußen nicht zu erwarten sind. Die Mächtigkeit dieser größtenteils grundwassererfüllten Ablagerungen betragen im Maximalfall wohl nur wenige Meter, wobei mit Schwankungen bzw. Reduzierung durch welliges Relief der Quartärbasis zu rechnen ist.

Die Sande der Creußen wurden bisher nicht abgebaut. Da Sande aber in den bisher in Abbau stehenden Gebieten des Naabtales im Übermaß anfallen, kommen diese Talsedimente zunächst für eine Gewinnung größeren Umfangs nicht in Betracht.

Oberes Wörnitztal

(Ulrich Lagally)

Am Oberlauf der Wörnitz finden sich nur an wenigen Stellen Sande und Kiese von wirtschaftlicher Bedeutung. Größerflächige Vorkommen, die bis ca. 500 m breit die mit holozänen Sedimenten gefüllten Talböden als Terrassen begleiten,

kommen vor allem zwischen der Lohmühle und Reichenbach sowie entlang der Sulzach im Bereich Dürrwangen – Dorfkemmathen und der Rotach bei Regelsweiler vor.

Bei Wassertrüdingen treten stellenweise Hang- und Terrassensande an der östlichen Talseite auf, die jedoch nur geringe Ausdehnung und Mächtigkeiten von max. 3 m besitzen. Diese überwiegend fein- bis mittelkörnigen, z.T. kreuzgeschichteten, rötlichbraunen Sande erreichen ihre größte Mächtigkeit in den Tälern und ziehen sich als ausdünnende Schleier hangaufwärts. Sie sind wirtschaftlich ohne Bedeutung.

Bei den übrigen oben genannten Flußsandvorkommen handelt es sich um Lockersedimente der pleistozänen Sand- und Schotterterrassen der Wörnitz, die auch die talbegleitenden Hänge bedecken können. Ihre wichtigsten Verbreitungsgebiete liegen bei Wilburgstetten und Haslach a.d. Sulzach. Dort bilden sie größere Verebnungsflächen in den Talräumen, die in der Nähe der Flüsse durch holozäne Ablagerungen teils überlagert, teils ersetzt sind. Außerhalb dieser Hauptverbreitungsgebiete finden sich pleistozäne Terrassen nur gelegentlich als schmale Säume an den Talrändern.

Die Sand- und Schotterterrassen setzen sich im wesentlichen aus hellbraunen, feldspathaltigen Mittel- bis Grobsanden zusammen. An Geröllen finden sich hauptsächlich Quarze, Keuper- und Juramaterial ist nur gelegentlich vertreten. Die Quarze sind meist gut gerundet und von heller, grauer und schwärzlicher Farbe; helle, abgerollte Quarzite sind bereichsweise eingestreut. Nach Norden zu ist eine Zunahme an Chalzedon und Hornstein sowie Kieselholzfragmenten festzustellen.

Die Mächtigkeit der Terrassensedimente wechselt stark, liegt in den Hauptverbreitungsgebieten bei Haslach und Wilburgstetten bei 6–7 m und erreicht maximal 10 m. Sowohl zu den Talflanken hin wie auch im Bereich der schmalen Terrassenstreifen sind die Mächtigkeiten stark reduziert. Auf den angrenzenden mesozoischen Gesteinen finden sich nur noch dünne Schotterschleier, die bis in Höhenlagen von 20–30 m, ausnahmsweise sogar bis ca. 80 m über der Flußaue vorkommen.

Aus den Terrassensedimenten wird seit langer Zeit der lokale Bedarf an Bausand und Wegeschüttmaterial gedeckt. Die Abbaustellen, die häufig mit Eingriffen in das mehrere Meter unter Flur anstehende Grundwasser verbunden sind, konzentrieren sich auf das Wörnitztal im Bereich Mönchsroth – Diederstetten – Welchenholz und Weiltingen – Untermichelbach, auf das Sulzachtal zwischen Dürrwangen und Dorfkemmathen und das Rotachtal oberhalb Maxenhof. Dort sind die Sande und Kiese nur unwesentlich von Abraum überlagert. Aus mehreren Gruben südöstlich von Haslach, bei Wilburgstetten und Mönchsroth wird derzeit vorwiegend Sand gewonnen, der neben anderem als Bausand, zur Herstellung von Zementwaren und als Schüttmaterial Verwendung findet. Abbauvorhaben stoßen wegen der oft notwendigen Grundwasserfreilegung, des mächtigkeitsbedingten großen Flächenbedarfes sowie anderer ökologischer Gesichtspunkte zunehmend auf Widerstand.

Stand 2000

Altmühltal

(ULRICH LAGALLY)

Wie im Talverlauf der Wörnitz sind auch entlang der Altmühl Terrassensande und -schotter nur stellenweise verbreitet. Das bis ca. 3 km breite Tal ist vorwiegend mit holozänen schluffigen Talsedimenten bedeckt, die mehrere Meter mächtig werden und dadurch die Bauwürdigkeit der sie stellenweise unterlagernden pleistozänen Ablagerungen sehr verschlechtern. Terrassensedimente von größerer Ausdehnung, die sich morphologisch und aufgrund ihrer Kiesführung deutlich vom Untergrund abheben, finden sich am Oberlauf der Altmühl im Bereich des Wiesethzuflusses bei Ornbau und südlich von Weißenburg.

Die pleistozänen Lockersedimente weisen generell geringe Mächtigkeiten auf. Besonders im Oberlauf der Altmühl sind Schotter- und Sandlagen ausgebildet, die an die Talflanken angelagert sind und bis ca. 25 m über dem Talboden das Anstehende als dünne Schleier überdecken. Mitunter erreichen die Talfüllungen 10 m, an wenigen Stellen sogar bis zu 15 m Mächtigkeit, doch können von diesem Sedimentpaket nur geringe Anteile als qualitativ ausreichende Baurohstoffe verwertet werden. Im allgemeinen sind sie tonig und schluffreich, weisen Einschaltungen von Lehm auf und führen in einer bindigen Matrix dicht gepackt Kalksteinscherben, Toneisensteingerölle und plattige Schwartenreste. Sandige Komponenten, Fremdgerölle und Material aus dem flußaufwärts liegenden Einzugsgebiet treten weitgehend zurück.

Die Talaue der „Altmühldonau" führt im Wellheimer Trockental unter mächtigeren Deckschichten etwa 9–10 m mächtige, grobe Donauschotter. Zwischen Dollnstein und Kelheim liegen über wenigen Metern Donauschottern, rinnenartig in diese eingetieft, kiesdurchsetzte und schluffige Sande der Altmühl. Da brauchbare Kiese und Sande nur bereichsweise größere Mächtigkeiten annehmen, kommt deren Aufsuchung und Gewinnung aus räumlichen und landschaftlichen Gründen im allgemeinen nicht in Betracht.

An wenigen Stellen dieses Talabschnittes sind Altmühlsande als schmale Terrassensäume erhalten, auf die Flugsande aufgeweht sind. Die dadurch vergrößerte Mächtigkeit erlaubt stellenweise eine Abgrabung der Sande und Kiese für den örtlichen Bedarf. Jedoch ist der Abbau nahe der meist steilen Talränder durch eingelagerte Weißjurabrocken stark behindert. Zeitweise in Betrieb stehende Gewinnungsstellen befinden sich nur in der Gegend von Beilngries bei Grögling und nahe der Autobahn bei Ilbling.

Schwarzachtal zwischen Seligenporten und Obermäßling

(ULRICH LAGALLY)

Die Talauen der Schwarzach im Bereich Seligenporten – Freystadt – Obermäßling werden von sandigen Terrassenflächen unterschiedlicher Breite

gesäumt. Die Vorkommen bilden meist nur schmale Bänder, erreichen jedoch stellenweise, wie z.B. bei Freystadt oder nördlich von Rohr, eine Ausdehnung von mehreren hundert Metern. Die Mächtigkeit der Terrassensande schwankt zwischen 0,5 m und 4 m und kann bereichsweise bis auf 6 m ansteigen.

Bei den Sanden handelt es sich im wesentlichen um gelbbraune, mittel- bis grobkörnige Sande, die stellenweise mit braunen und rotbraunen Lehmbändern wechsellagern. In die hangenden Bereiche sind mitunter Sandstein- und Quarzgerölle sowie Dogger-Schwartenreste eingelagert. Die Sande sind recht häufig durch lagige Einschaltungen von Feinkies und größeren Geröllen ersetzt, die einen fluviatilen Transport der Terrassensedimente belegen.

Die wirtschaftliche Bedeutung dieser Terrassensedimente ist wegen fehlender großflächiger Verbreitung und geringer Mächtigkeiten niedrig. Vereinzelte Abgrabungen dienten vornehmlich der Deckung des örtlichen Bedarfes; derzeit sind keine Abbaustellen in Betrieb.

Sulztal zwischen Neumarkt und Berching

(ULRICH LAGALLY)

Das Sulztal im Bereich Wettenhofen – Moorenwiesen – Berching sowie das Roßbach- und Entenbachtal weisen – z.T. großflächig verbreitet – pleistozäne Terrassensande und -schotter auf, die jedoch häufig, besonders in den nördlichen Teilen, von Flugsanden überlagert werden. Die Mächtigkeit dieser Flugsande nimmt nach Norden zu und erreicht im Bereich Schmidmühle – Schliefermühle durchschnittlich 20 m. Die unterlagernden Flußsande sind dort 6–10 m mächtig, an der Reismühle sogar 12 m. Die Terrassen bilden meist ebene Flächen, die die Flußläufe begleiten. In den Seitentälern und an den Talflanken dünnen sie aus und steigen hangwärts – auch durch Flugsandauflagen bedingt – an.

Die Terrassensande sind gewöhnlich gut geschichtete Quarzsande von gröberer Korngröße als die Flugsande. Sie führen oft kleine Gerölle, unter denen graue Tone und eisenschüssige Sandsteine überwiegen. Tonig-lehmige Zwischenlagen und Verfestigungen fehlen ebenso wie störende, unverwertbare Überlagerungen. Der Grundwasserspiegel ist im allgemeinen tiefliegend und steigt nur in der Nähe der Vorfluter auf wenige Meter unter Flur an.

Abbaustellen von Flußsanden sind aus dem Raum Sollngriesbach, Erasbach – Weidenwang, Pollanten, Schlieferheide und nordöstlich von Weichselstein bekannt. Derzeit in Betrieb sind nur Gruben bei Weichselstein und in der Schlieferheide, die vorwiegend Flugsand abbauen, wobei die Terrassensande als Nebenprodukt anfallen. Verwendet werden die Sande als Baurohstoffe, zum Kanal- und Straßenbau sowie als Zuschlagmaterial für Transportbeton und Betonwaren.

Stand 2000

Talgebiet des Regen

(HERMANN WEINIG)

Das Talgebiet des Regen enthält in manchen Bereichen Kiese von eher örtlicher Bedeutung:

Verhältnismäßig weite Ausdehnung besitzt das Regental im Raum Cham zwischen Mitterdorf und Chamerau, wie auch das Chambtal zwischen Neumühlen und Mündung. Diese Talbereiche enthalten eine bis in Flurnähe grundwasserführende Schotterfüllung, die unter 1–3 m mächtigen Auensedimenten etwa 5–7 m mächtig sind. Abweichungen nach unten sind infolge Aufragungen des kristallinen Untergrundes (z.B. „Steinbuckel") in Betracht zu ziehen, vor allem im Bereich des Talrandes. Das Auslaufen der Schotterfüllung ist nicht immer exakt zu fassen, da nicht in jedem Falle mit dem morphologischen Talrand identisch.

Die Schotter stellen relativ schlecht sortierte, sandige Kiese dar, die durch einen wechselnd hohen, jedoch meist vorhandenen Schluffgehalt gekennzeichnet sind. Auch geschlossene Schlufflagen durchsetzen den Schotter bereichsweise. Die Kristallingerölle sind schlecht bis kantengerundet, teils auch brüchig. Das Ausgangsmaterial ist von nur mäßiger Qualität und erfordert einen erhöhten Aufwand an Gewinnung und Aufbereitung.

Eine gewisse Bedeutung als Baurohstoffgebiet erhält das Regental bei Cham allein durch seine isolierte Lage weit inmitten des sonst kiesfreien Kristallingebietes. Hiervon zeugen mehrere Gruben westlich Lobling. Aufgelassen sind die Gruben bei Satzdorf und Neumühlen.

Die Schotter des Regentales werden bei Cham zur Herstellung von Baustoffen und als Betonzuschlag verwendet. In gewissem Umfang kann der Bedarf an Baustoffen für den Raum Cham auch künftig aus den Vorräten des Regentales gedeckt werden.

Im Regental zwischen Zeitlarn und Rapsau wird die Flußaue des Regen von Terrassen begleitet, die 3–4 m über den tiefsten Talboden ansteigen. Die Kiessande wurden vor allem nördlich Regenstauf in mehreren Gruben aus dem Grundwasser gewonnen. Es bieten sich nur noch begrenzte Abbaumöglichkeiten.

Im Wenzenbachtal umsäumen zwischen Wenzenbach und Thurnhof etwa 10 m über den Talboden aufsteigende, stark zertalte Terrassen den nördlichen Hanganstieg. Die mehrere Meter mächtigen, kiesdurchsetzten, sauberen Sande wurden an mehreren Stellen trocken gewonnen. Es bieten sich nur noch geringe Abbaumöglichkeiten im Bereich einiger Restflächen.

Täler der südlichen Donauzuflüsse

(HERMANN WEINIG)

Die nicht von Schmelzwässern durchflossenen Flüsse des südbayerischen Raumes treten an Bedeutung nahezu vollkommen hinter die Schottervorkommen der Schmelzwassertäler zurück. Dies liegt zum einen an ihrem Sedimentinhalt, der

mit Ausnahme von Paar und Altmühl ausschließlich aus umgelagerten Kiesen und Sanden des tertiären Einzugsgebietes besteht. Entsprechend unterliegt der Kiesanteil von Osten nach Westen einer zunehmenden Verfeinerung. Vor allem aber besitzen die Kiese dieser Flußtäler, die sich etwa mit manchen nordbayerischen Talkiesen vom Umfang her durchaus vergleichen ließen, im Verhältnis zu den benachbarten ausgedehnten Schotterfluren der Alpenflüsse und den Tertiärschottern zu geringe Ausdehnung, um für die Baustoffgewinnung in größerem Umfang genutzt zu werden.

Im folgenden werden die Täler mit kurzer Erwähnung ihres Sedimentinhaltes, ggf. auch seiner bisherigen Nutzung, aufgeführt:

Das Tal der Rott enthält wenige Meter mächtige, stark sandige Kiese, unter denen auch Grobfraktion deutlich vertreten ist. Die Nutung ging über vereinzelte kleinere Entnahmen nicht hinaus.

Das Tal der Vils schneidet das zentrale Verbreitungsgebiet der groben Landshuter Schotter. Es führt ebenfalls sandige bis stark sandige Kiese. Im Unterlauf wird es linksseitig von schmalen Terrassenleisten begleitet. Kiesgewinnung erfolgte bisher nicht.

Die Täler von Aiterach, vor allem aber Kleiner Laaber und Großer Laaber besitzen vor allem in ihren den Unterlauf begleitenden Hochterrassen Kiesvorkommen gewisser Ausdehnung. Sie laufen in die Hochterrasse des Donautales um und wurden dort behandelt. Die sandigen Fein- bis Mittelkiese werden in mehreren Gruben bis zu 5 m Mächtigkeit im Trockenabbau, jedoch auch aus dem Grundwasser abgebaut. Kiesgrubenerweiterungen sollten hier zur Zusammenführung bestehender Gruben genutzt werden. Stand 2000

Das Tal der Abens besitzt in seinen verschieden alten Terrassen gewisse Vorkommen an Kiesen und Sanden:

Östlich Abensberg bis zum Hopfenbach breiten sich über ein unruhiges Relief aus Tertiär und Jura kiesdurchsetzte Sande, Ablagerungen der einst durch das Hopfenbachtal fließenden Abens. Die Mächtigkeiten dieser teils mit Flugsanden überdeckten Kiessande schwanken laufend von 0 bis zu mehreren Metern, wobei potentielle Gewinnungsgebiete größeren Umfangs nur schwer zu fassen sind. Die Anlage zahlreicher, teils rasch ausgebeuteter, häufig wieder aufgelassener Abbaue zeigen die Problematik der Sandgewinnung in diesem Gebiet. Die zwischen Appersdorf und Biburg linksseitig ausgebildete Hochterrasse der Abens wird bis zu 300 m breit und erhebt sich bis zu 7 m über das Talniveau. Die trocken liegenden, ca. 4 m mächtigen Schotter, Kiese der Fein-, Mittel-, untergeordnet der Grobfraktion mit wechselnden Sandgehalten, wurden in mehreren Gruben abgebaut. Von der teils durch Siedlung und Straße überbauten Terrasse sind nur noch Restflächen und geringermächtige Vorkommen einer Nutzung zugänglich.

Die Niederterrasse des Abens beginnt bei Abensberg über die Talaue anzusteigen und fällt südlich Bad Gögging mit einer 4 m hohen Terrassenkante zum Donautal ab. Dort, im Mündungsgebiet der Abens wurden die sandigen Fein- und Mittelkiese in mehreren Gruben trocken gewonnen. Erweiterungen sind nur in beschränktem Umfang möglich. Stand 2000

Die Talkiese der Abens, dürften für eine Nutzung wegen günstigerer anderer Möglichkeiten ausscheiden.

Das Tal der Ilm wird nicht von Terrassen begleitet. Kiesgewinnung aus der Talaue kommt aus selbem Grund wie im Abenstal, zusätzlich wegen hier bereits weitgehend zurücktretener Mittel- und Grobkiese, nicht in Betracht.

Das Tal der Paar wird rechtsseitig von verschieden alten Terrassen begleitet, die sich am Südostrand des Ingolstädter Beckens, die Randhöhen des Ilmtales bedeckend, fortsetzen. Die durch Nebentälchen mehrfach in Teilflächen zerlegten Terrassen sind in einer für Kiesabbau geeigneten Weise vor allem im Raum Schrobenhausen zwischen Haslangkreit und Hohenwart, im Feilenforst zwischen Winden und Geisenfeld sowie östlich der Ilm im Raum Englbrechtsmünster, besonders aber im Dürnbucher Forst verbreitet.

Die stark sandigen Quarzkiese der Fein- und Mittelfraktion liegen in Mächtigkeiten von durchschnittlich 4–6 m, 20 bis über 30 m über den Talböden und sind daher trocken zu gewinnen. Bisher geschah dies in mehreren kleineren Gruben, wobei manche Terrassenfelder bereits erschöpft sind. Obwohl vor allem in den Waldgebieten (Feilenforst, Dürnbucher Forst) noch größere Schotterareale unberührt sind, kann der große Baustoffbedarf des Ingolstädter Raumes nicht in entscheidender Weise aus diesen Vorkommen gedeckt werden.

Unter der Talaue der Paar liegen einige Meter mächtige sandige Fein- bis Mittelkiese, deren Nutzung grundsätzlich möglich wäre und auch an wenigen Stellen (z.B. bei Radersdorf) praktiziert wird. Kiesgewinnung größeren Ausmaßes verträgt jedoch die kleinräumig strukturierte Talaue der Paar nur in beschränktem Maße.

Die periglazialen Täler westlich des Lech (z.B. Zusam und Schmutter) führen keine wirtschaftlich nutzbaren Kiese und Sande.

Flugsande (z.T. verschwemmt) (831)

Quartäre Flugsande sind in einigen Teilen Nordbayerns großflächig verbreitet. Bereichsweise sind sie zu beträchtlicher Mächtigkeit angehäuft, erreichen jedoch nur an wenigen Stellen wirtschaftliche Bedeutung. Bevorzugt sind diese äolischen Sedimente an den Ostseiten und -flanken nordsüdverlaufender Täler auf Schichten der Trias und des Jura und auf Flußterrassen aufgeweht.

Die Flugsande wurden mit dem Ausklingen der Würmeiszeit, oft in mehreren Phasen, aus ihren vegetationsarmen Liefergebieten ausgeblasen. Als Ausgangsgesteine kommen vor allem Sandsteine des Deckgebirges und Lockersedimente der Flußterrassen in Frage. Nach der Auffüllung morphologischer Unebenheiten wurden die Ablagerungsräume mit Flugsandschleiern und -decken (meist 0,5 m mächtig) überzogen, an bevorzugten Stellen kam es zum Absatz mächtigerer Lagen und zu Dünenbildung mit Einzeldünen von maximal 10 m Höhe und über 100 m Länge. Die Haupttransportrichtung verlief von West nach Ost.

Die aus lagerstättenkundlicher Sicht wichtigsten Verbreitungsgebiete der Flugsande stellen der Raum Erlangen – Schwabach – Altdorf, der Bereich um

Neumarkt/Opf., das Regnitztal zwischen Bamberg und Hirschaid, das Gebiet Alzenau – Stockstadt am Untermain und das Ries dar. Die z.T. großflächigen Vorkommen bei Höchstadt a.d. Aisch, westlich von Weiden/Opf., in der Bodenwöhrer Bucht, im westlichen Vorland des Steigerwaldes sowie südlich der Donau bei Abensberg/Siegenburg können zwar lokal Mächtigkeiten von mehreren Metern erreichen und damit in den Bereich der Bauwürdigkeit kommen, sind jedoch aus lagerstättenkundlicher Sicht derzeit nur von untergeordneter Bedeutung. Daher wird auf sie hier nicht näher eingegangen.

Bei den Flugsanden handelt es sich im allgemeinen um unverfestigte, gelbliche bis bräunliche Quarzsande mit geringen Beimengungen von Feldspat und Fe-Oxiden. Die Korngrößen liegen vorwiegend im Bereich zwischen 0,2 mm und 1,0 mm (Medianwerte 0,35 mm–0,6 mm) bei vereinzelten Extremwerten von $< 0{,}06$ mm und > 2 mm. Der Sortierungsgrad ist generell gut; er variiert zwischen 1,69 und 2,28. Damit sind die Flugsande überwiegend als gutsortierte Mittelsande klassifiziert.

In chemischer Hinsicht entsprechen die Flugsande ihrem makroskopisch erkennbarem Mineralbestand. Die feldspatführenden bis arkosischen Quarzsande bestehen überwiegend aus SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3 und K_2O. Im allgemeinen haben sie folgende Durchschnittszusammensetzung (in Gew.-%):

SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	K_2O	Sonst.
90,2	4,5	2,3	0,3	0,3	0,1	1,3	1,0

Nachfolgend werden die fünf Hauptverbreitungsgebiete quartärer Flugsande näher besprochen, die auf der Karte nur in ihren Umrissen dargestellt wurden. Eine Einzeldarstellung von Lagerstätten ist wegen ständig wechselnder Mächtigkeiten im vorgegebenen Maßstabe nicht möglich.

Bereich Erlangen – Schwabach – Altdorf

(Ulrich Lagally)

Große Gebiete zwischen Erlangen, Schwabach und Altdorf sind von mehr oder weniger geschlossenen Flugsandlagen überdeckt. Diese Sande wechselnder Mächtigkeit wurden auf Schichten des Keupers, im Osten auch des Lias sowie auf quartäre Flußterrassen aufgeweht. Weiter östlich, besonders im Bereich von Erlangen – Behringersdorf – Altdorf, sitzen der einförmigen, fast ebenen Flugsandlandschaft Dünen auf. Ihre Hauptverbreitung haben die Flugsande südlich von Erlangen bei Tennenlohe, bei Behringersdorf, Röthenbach a.d. Pegnitz, Fischbach und vor allem nordwestlich von Altdorf.

Ausbildung und Eigenschaften: Bei den Flugsanden handelt es sich um fein- bis mittelkörnige Sande, die sich vorwiegend aus der Fraktion 0,4–0,5 mm zusammensetzen. Sie weisen graugelbe bis braungelbe, teilweise auch rötliche Farbtöne auf. Nach dem Mineralbestand sind sie als nahezu reine Quarzsande (93–96% Quarz) mit geringen Anteilen angewitterter Feldspäte, Kalke und Limonitkörnern anzusprechen; der Schwermineralgehalt liegt meist unter 1%, ein Bindemittel fehlt gänzlich.

Bisweilen finden sich gröbere Komponenten, die in Form linsiger Körper auftreten. Dabei handelt es sich um Material, das während kurzer Perioden aus höhergelegenen Abtragungsgebieten eingeschwemmt wurde.

Aus Form und Anordnung der Dünen sowie einer über das Gesamtverbreitungsgebiet von West nach Ost nachweisbaren Abnahme der Korngrößen läßt sich ein Materialtransport von West nach Ost rekonstruieren. Untersuchungen haben ergeben, daß Keuperschichten der weiten Flächen westlich der Regnitz sowie verschiedene Flußterrassen als Herkunftsgebiet der Flugsande in Frage kommen.

Gewinnung und Verwendung: Die Flug- und Dünensande stellen ein sehr gutes Rohstoffpotential für die Bauindustrie des Nürnberger Raumes dar. Die Sande sind nicht verbacken, höchstens gering überlagert und meist im Trockenabbau zu gewinnen. Bei Mächtigkeiten von wenigen Metern, in Dünen bis zu 10 m, ist eine Entnahme größerer Mengen jedoch meist mit erheblichem Flächenbedarf verbunden.

Bedeutende Vorkommen finden sich nordöstlich von Bräuningshof und Honings, südöstlich von Erlangen (Stolzenbühl, Kesselbrücke, Krafthof – Buch), bei Ziegelstein, Behringersdorf und Reichelsdorf, im Bereich zwischen Pegnitz und Schmausenbuck, südlich von Feucht und bei Sperberslohe.

Verwendung finden die Sande im Straßen- und Wegebau, im Hochbau sowie als Rohstoff zur Herstellung von Kalksandstein. Sie werden abgebaut nordwestlich von Altdorf, nördlich von Nürnberg bei Kraftshof sowie im Bereich östlich des Nürnberger Hafens.

Die in Abbau stehenden Vorkommen versorgen überwiegend den Großraum Nürnberg – Fürth – Erlangen. Wegen der benötigten Mengen und des großen Flächenbedarfs ist Flugsand künftig nicht mehr unbegrenzt verfügbar. Auch sind viele der ehemals abbaubaren Vorkommen ausgebeutet und rekultiviert. Die Anlage neuer Gruben stößt zunehmend auf Widerstand, vor allem durch anderweitige Nutzungsansprüche.

Stand 2000

Bereich Neumarkt

(Ulrich Lagally)

Ein weiteres bedeutendes Verbreitungsgebiet quartärer Flugsande in Bayern findet sich in der westlichen Oberpfalz. Im Schwarzachtal und Sulztal sowie deren Nebentälern bei Neumarkt und Berching nehmen sie größere Areale ein; sie liegen aber nicht nur in den Niederungen auf jungen Flußsedimenten, sondern sind noch großflächig am Albtrauf, stellenweise sogar auf der Albhochfläche zu finden.

Ausbildung und Eigenschaften: Die im Raum Neumarkt – Berching abgelagerten Sande sind – von lokalen Ausnahmen abgesehen – als echte Flugsande zu bezeichnen, die von Westen oder Nordwesten eingeweht wurden. Wie bei den Flugsanden aus dem Nürnberger Raum handelt es sich auch hier um spät- bis postglazial verfrachtete, gelbliche bis bräunliche, fein- bis mittelkörnige

Sande, die eine den Flugsanden charakteristische Gleichkörnigkeit (0,5–0,75 mm) aufweisen. Im Gegensatz dazu liegt das Korngrößenmaximum von Dogger β-Sanden aus dieser Region bei 0,15–0,25 mm. Als Indiz für äolischen Transport sprechen weiterhin Dünenbildungen, Verwehungen auf die Alb und die große Reinheit des Materials, obwohl stellenweise ein fluviatiler Transport nicht ausgeschlossen werden kann. Vor allem im Berchinger Gebiet und südwestlich von Weihersdorf sind den Sanden kleine Gerölle von Gesteinen, die in der näheren Umgebung anstehen, eingelagert.

Die größten Mächtigkeiten finden sich dort, wo die alte Landoberfläche ein deutliches Relief aufwies. Im Neumarkter Gebiet sind Anhäufungen von 6–8 m die Regel, vereinzelt werden Dünenmächtigkeiten von ca. 20 m erreicht. Meist handelt es sich dabei um Haufendünen, daneben sind aber auch Bogendünen von 100–200 m Länge und 10 m Höhe ausgebildet. Sie finden sich vor allem östlich von Neumarkt, im Süden im Mißholz und Schlierfelderholz, östlich von Burggrießbach und südlich von Weihersdorf.

Gewinnung und Verwendung: Wegen ihrer Reinheit und des Fehlens jeglichen Bindemittels sind die Flugsande als Rohstoff für die Bauindustrie sehr gefragt. Nur geringe Überdeckung, relativ tiefer Grundwasserstand sowie keine störenden Zwischenlagen oder Verfestigungen ermöglichen einen problemlosen Trockenabbau und wiegen in wirtschaftlicher Hinsicht die oft relativ geringen Mächtigkeiten wieder auf. In den Talniederungen, in denen die Flugsande auf Schwemmsand aufgeweht wurden, können diese meist mitgewonnen werden.

Die Flugsande finden Verwendung in der Bauindustrie, zum Wegebau sowie zur Kalksandsteinherstellung. Derzeit betriebene Abbaustellen liegen in der Umgebung von Neumarkt und Berching zwischen Lähr und Weichselstein, in der Schlieferheide, nördlich von Pollanten sowie bei der Biermühle.

Regnitztal bei Bamberg

(Ulrich Lagally)

Im Regnitztal zwischen dem Bamberger Kessel und Hirschaid sowie am Unterlauf der Reichen Ebrach sind Flugsande in örtlich bauwürdigen Mächtigkeiten abgelagert. Diese äolischen Sedimente wurden wie die des Nürnberger und Neumarkter Raumes aus ihrem weiter westlich gelegenen Liefergebiet, vorwiegend aus der Keuperlandschaft, ausgeblasen und bevorzugt an den südwest- bis nordwestgerichteten Talflanken und in den Talböden abgesetzt. Sie überdecken meist Schichten des Feuerletten, des Rhätolias, zum Teil sogar noch die höhergelegenen Gebiete des Lias sowie in den Talbereichen die fluviatilen Terrassensedimente in stark wechselnder Mächtigkeit. Im allgemeinen beträgt die Flugsandauflage zwischen 0,5 m und 3,5 m, doch werden in vereinzelten Sandgruben auch Abbaumächtigkeiten von 7 m angetroffen. Dünen – vor allem im Gebiet südlich des Sendelbaches, südlich des Hauptmoorwaldes und bei Köttmannsdorf verbreitet – erreichen durchschnittliche Höhen von 1 m bis 4 m mit einer maximalen Mächtigkeit von 8 m.

Ausbildung und Eigenschaften: Die gelblichen bis rötlichbraunen Flugsande sind überwiegend feinkörnig, wobei die Kornfraktion $< 0{,}5$ mm mehr als 50% ausmacht. Die Sande bestehen aus meist gerundeten Quarzkörnern, daneben findet sich Feldspat, der aber generell eine geringere Korngröße aufweist. Verschiedentlich, vor allem in Dünengebieten zeigt sich eine deutliche Schichtung, wobei gröbere Lagen (2 mm bis max. 5 mm Korngröße), die mit mehr als 30° einfallen, mit Feinsandschüttungen abwechseln. In den gröberen Partien finden sich Gerölle von Eisensandstein, Toneisenstein und Keupersandstein, daneben linsenförmige Körper, die aus noch gröberem Material (bis 1 cm) bestehen. Diese Grobschüttungen belegen Phasen mit hohen Windgeschwindigkeiten, vereinzelt auch den Transport durch Wasser.

Gewinnung und Verwendung: Die Flugsande stellen aufgrund ihrer Reinheit, des gleichmäßigen Kornes und fehlenden Bindemittels einen sehr wertvollen Rohstoff für die Bauindustrie dar. Die Überlagerung mit nicht verwertbarem Material ist meist gering, der Grundwasserspiegel reicht selten bis in die reinen Flugsandlagen. Dort, wo die Flugsande auf Terrassensedimenten liegen, werden sie zusammen mit diesen abgebaut, wobei sich oft Eingriffe in den Grundwasserbereich nicht vermeiden lassen.

Verwendung finden die Sande in der Bauindustrie, als Wegebaumaterial und zur Herstellung von Kunststeinen. Die wenigen Gruben, die heute noch Flugsande verwerten, fördern in erster Linie fluviatile Sande und Kiese für den regionalen Bedarf. Gewinnungsstellen, die nur auf Flugsandabbau ausgerichtet waren wie z.B. Oberjäger's Marter, sind nicht mehr in Betrieb. Die Möglichkeiten zur Nutzung weiterer Flugsandvorkommen sind sehr begrenzt und aus wirtschaftlicher Sicht derzeit nicht vertretbar.

Bereich Stockstadt – Alzenau

(Ulrich Lagally)

Flugsande sind am Untermain vor allem im Gebiet zwischen Großostheim im Süden und Alzenau im Norden weit verbreitet. Die bedeutendsten Vorkommen mit morphologisch deutlich hervortretenden Dünenbildungen finden sich südlich von Stockstadt am Main sowie südlich und nördlich der Kahl. Weniger deutlich ausgeprägt, oft auch nur in Form dünner Schleier, sind die Flugsande bei Niedernberg, Mainaschaff und Dettingen. Weitere unbedeutende Vorkommen liegen bei Obernau, Aschaffenburg und Alzenau dem kristallinen Grundgebirge auf.

Die Flugsande sind vorwiegend auf die verschiedenen Terrassenstufen des Maintales aufgeweht, wobei die Mächtigkeiten auf der 7-m- und 12-m-Terrasse geringer sind als auf der Mittelterrasse. Auch fehlen dort Dünenbildungen. Als Hauptliefergebiet kommen die Lockersedimente der Mittel- und Niederterrasse westlich von Zellhausen, Seligenstadt, Hainstadt und Babenhausen in Frage, aus denen die fein- bis mittelkörnigen Sedimente von starken Westwinden ausgeweht und nach kurzen Transportentfernungen als mehrere Meter mächtige Flugsanddecken abgesetzt wurden, wobei sich in bevorzugten Gebieten Dünen von max. 10 m Höhe und mehreren hundert Metern Länge aufbauten.

Ausbildung und Eigenschaften: Die Flugsanddecken und Dünen bestehen überwiegend aus hellbraunen, fein- bis mittelkörnigen, gut sortierten Quarz- und Feldspatsanden, die manchmal braune Bänderung aufweisen, welche durch Ausfällungen aus Fe-Mn-Lösungen oder Toneinschlämmungen hervorgerufen wird. Untergeordnet finden sich, hauptsächlich auf der Niederterrasse, geringe Gehalte an Calciumcarbonat, das in mehreren Phasen aus der kalkreichen 12-m-Terrasse hergeleitet wurde. Schichtung, Grobschüttungen oder Verfestigungen sind selten festzustellen. Gelegentlich finden sich Kalkausfällungen in ehemaligen Hohlräumen, die jedoch den Abbau nicht wesentlich behindern.

Gewinnung und Verwendung: Im Gebiet des Untermain werden Flugsande wegen der Verfügbarkeit hochwertiger, quartärer Terrassenschotter nur sporadisch abgebaut. Eine größere Gewinnungsstelle befindet sich am Nordwestrand von Alzenau; dort wird Material zur Herstellung von Gasbeton gewonnen.

Einige wenige Gruben nordwestlich von Alzenau sowie im Bereich Stockstadt liefern Bausand für den örtlichen Bedarf. Für die Bauindustrie, die derzeit ihren Bedarf fast ausschließlich aus den Sand- und Kiesvorkommen der Mainniederterrassen deckt, können die Flugsande, die fast immer ohne Grundwassereingriff und damit weniger umweltbelastend gewinnbar sind, künftig eine alternative Rohstoffquelle darstellen.

Ries

(Hermann Weinig)

Die Sandvorkommen des Riesgebietes östlich der Wörnitz verdanken ihre Entstehung im wesentlichen dem Transport durch Westwinde, die Wörnitzsande aufnahmen und nach Westen verfrachteten. Sie bedeckten den östlichen Riesboden sowie das Relief des lebhaft hügeligen Riesrandes. Heute findet sich neben den ursprünglichen Flugsanddünen und -decken vor allem deren durch Bäche umgelagertes Material in Tälchen und Hohlformen des Riesrandes, am Fuß von Hängen oder als Bachsediment der westlichen Wörnitzzuflüsse.

Die Flugsande besitzen im Hügelgebiet des Riesrandes sehr unregelmäßige, kleinräumige Verbreitung. Mehr flächenbedeckend treten dagegen die fluviatil umgelagerten Sande der Riesebene auf, die sich teils auch mit Bachsanden des weiteren Einzugsgebietes mischen.

Die verhältnismäßig weit verbreiteten Sande besitzen sehr unregelmäßig ausgebildete Mächtigkeiten: Geringmächtige Sanddecken wachsen nur bereichsweise auf bauwürdige Mächtigkeiten von über 5 m, selten auch wesentlich über 10 m an. Die größeren Mächtigkeiten treten dabei im Bereich verschwemmter Sande auf. Diese füllen neben weitflächiger Verbreitung 1–5 m mächtiger Sande auch tiefere Rinnen aus, die vermutlich mit den Nebenbächen der Wörnitz (z.B. Rohrbach, Doosbach, Schwalb), allerdings nicht immer mit ihrem heutigen Verlauf, in Zusammenhang zu bringen sind.

Während die Sande des Riesrandes im allgemeinen trocken liegen, befinden sich die Vorkommen des östlichen Kieskessels zum Großteil im Grundwasser, das 1–3 m unter Flur anzutreffen ist.

Ausbildung und Eigenschaften: Der Kornaufbau der autochthonen Flugsande unterscheidet sich kaum von den verschwemmten Vorkommen: Es handelt sich um gut sortierte Fein- und Mittelsande ohne nennenswerten Schlämmkornanteil. In Wörnitznähe mischen sich die Sande mit den etwas gröberen Talsanden der Wörnitz. Gelegentlich enthalten die Sande einen geringen eingeschwemmten Kiesanteil splittrig-kantiger Natur, meist Malmbruchstücke, die lagig angereichert sein können.

Die Sande bestehen etwa zu 80% aus Quarz, 16–17% aus Feldspäten. Der Rest sind < 2% Calzit und Dolomit und etwa 1,5% Eisenverbindungen.

Die Farbe der Sande ist, hervorgerufen hauptsächlich durch Ummantelung des Korns mit Eisenoxiden, gelblich bis rötlich bräunlich.

Gewinnung und Verwendung: Die Sande des Riesgebietes werden an einigen Stellen, so im Tal der Schwalb, aus dem Grundwasser sowie bei Wolferstadt trocken gewonnen. Frühere Abbaugebiete, aus denen nur ca. 2–3 m Sand über dem Grundwasser entnommen wurde, befanden sich – heute nicht mehr zu erkennen – im Gebiet der Rohrach zwischen Polsingen und Laub.

Die Sande bilden die Grundlage einer Kunststeinindustrie. Die gute Materialqualität läßt ihre Verarbeitung zu verschiedenen, teils sehr speziellen, frostsicheren Kalksandsteinprodukten zu, die im Innen- und Außenbereich zu verwenden sind. In einem besonderen Verfahren werden die Sande auch ohne Kalkzusatz zu Steinen und Bauteilen verarbeitet. Grundsätzlich ist das Material freilich auch als Mauersand, Putzsand oder als Betonzuschlag zu verwenden, jedoch beschränkt man sich, da dieser wichtige Rohstoff in diesem Raum nicht unbegrenzt verfügbar ist, auf die Herstellung hochwertiger Bauwaren.

Es bleibt festzuhalten, daß bauwürdige Flug- bzw. Bachsande sowohl im Hügelgebiet des Riesrandes als auch im Bereich des Rieskessels im allgemeinen nur schwer, d.h. unter verhältnismäßig hohem Prospektionsaufwand zu lokalisieren sind. Das Verbreitungsgebiet potentieller Sandvorkommen ist daher auf der Karte nicht in Einzelvorkommen aufgegliedert.

Stand 2000

Zersatzsande

(Winfried Weinelt)

Kristallinzersatz (840)

Die anstehenden Gesteine des kristallinen Grundgebirges verwitterten unter den tropischen bis subtropischen Klimabedingungen des Tertiärs von ihrer Oberfläche aus tiefgründig zu Kristallinzersatz. Dieser Verwitterungsvorgang und die damit einhergehende Zersetzung und Vergrusung der Gesteine sowie die nachfolgende, durch klimatische Einflüsse hervorgerufene quartäre Abtragung schufen die heutigen Oberflächenformen des kristallinen Grundgebirges.

Gesteinsausbildung und Eigenschaften: Im Granit- und Orthogneiszersatz ist besonders im Abtragungsbereich folgende Gliederung der Zersatzprofile in Zonen mit schwankender Mächtigkeit zu beobachten:

Hangendes: Pleistozäne Überdeckung

Zone 1	Reste einer braunerdeartigen Bodenbildung
Zone 2	Roterdebildung mit harten Ausscheidungen an der Untergrenze
Zone 3	Anhäufung plastischen Kaolins von geringer Mächtigkeit
Zone 4	Kaolinisierungszone mit größerer Mächtigkeit
Zone 5	Mächtige Vergrusungszone mit Verwitterungsrestblöcken
Zone 6	Zone der Kleinzerklüftung als Übergang in Zone 7
Zone 7	Das anstehende frischere Gestein

Bei Paragneisen und Glimmerschiefern verläuft die Auflösung des festen Korngefüges der Gemengteile zu Zersatz sehr unregelmäßig. Dichte bis feinkörnige, oft Quarz-reiche Gesteinslagen und -bänke sind im Anbruch noch frisch, während in den weniger dichten, meist mittel- bis grobkörnigen, überwiegend Glimmer- und Feldspat-führenden Lagen die Zersatzbildung schon weit fortgeschritten sein kann. Anatektische bis diatektische Gneise mit durch Aufschmelzungsvorgänge bedingter weitgehender Entregelung des lagigen Korngefüges und Anreicherungen von metatektischen Quarz-Feldspat-Mobilisaten in Abstauräumen von Faltenscheiteln lassen eine annähernd zonierte Zersatzbildung wie granitische Gesteine erkennen. Hierbei erscheint die Kaolinisierungszone meist intensiv rostbraun gefärbt. Die Vergrusungszone ist abwechselnd lehmig und sandig entwickelt. Neben Verwitterungsrestbänken und -lagen kommen in diesen metamorphen Gesteinen auch Verwitterungsrestblöcke vor. Die Zersatzmächtigkeit kann bis zu 70 m erreichen.

Gewinnung und Verwendung: Sandgruben zur Gewinnung von Bausand aus Granitzersatz finden sich in Höhenlagen bis zu 1100 m. Sie liegen vornehmlich im Randbereich größerer Zwischentalscheiden von Verebnungsflächen. Die Tiefe der Aufschlüsse schwankt zwischen 5 und 10 Metern. Bisweilen wird Granitzersatz als Auffüllmaterial für den Straßenbau auch durch den Anschnitt einer Böschung oder eines Hanges (Hangabbau) gewonnen.

Bedarfsweise werden Sandgruben zur Gewinnung von Auffüllmaterial für den Straßenbau auch im Gneiszersatz angelegt.

Einzelne, im Kristallinzersatz betriebene Abbaue werden über einen längeren Zeitraum hinweg genutzt. So zum Beispiel die östlich Zwiesel, an der Straße nach Frauenau und am Mühlberg, südlich von Lindberg, im Zersatz eines gangförmig aufsetzenden Granits angelegten Gruben, von denen die zuerst genannte schon seit dem Jahre 1918 besteht. Der anstehende Gneiszersatz, welcher von im Granit eingeschlossenen Gneisschollen herrührt, wird beim Abbau ausgehalten. Die jährlichen Abbaumengen liegen zum Teil bei 5000 cbm.

In manchen Gruben wurde der Abbau jedoch wegen zunehmender Mächtigkeit des unbrauchbaren Abraums nach kurzer Zeit wieder aufgegeben.

Gewinnungsstellen finden sich im Zersatz des Weißenstädter Porphyrgranits östlich Kornbach – Torfmoorhölle und im Zinngranit nordwestlich von Birk.

Für den Wirtschaftswegebau im Forst und bei der Flurbereinigung wird der Zersatz des Bürgerwald-Granits im Stadtwald von Bärnau gewonnen. Weitere Gruben sind am Galgenberg, unweit der Rabenmühle, südlich Rötz und am Brannenberg, nordöstlich von Wald angelegt worden. Zersatz aus mylonitisiertem Granit steht auf der Grünauer Höhe, südwestlich von Luhe, in Abbau.

Im Hohen Bogen-Gebiet wird Granitgrus mit Einschaltung kalksilikatischer Schollen südlich Enklarn und in drei Sandgruben in der Waldabteilung „Föhret", nördlich von Kalkofen, bei Arnschwang gewonnen. Hier fällt fein- bis grobkörniger Sand vermengt mit Steinen, aber auch brockiges bis blockiges Granitgestein an. Baustoffe für den Hoch- und Tiefbau, wie Schütt- und Auffüllmaterial für den Damm- und Straßenbau, gewinnt man am Ochsenberg, östlich von Dietrichsmais. Außer Granitzersatz, der für Frostschutzschichten und Tragschichten sowie als Bausand verwendet wird, wird auch der im Liegenden anstehende Granit für die Herstellung von Schrotten und Splitten gebrochen. Im Saldenburger Kristallgranit wird Zersatz im Hangabbau unter anderem nördlich Haufang abgetragen.

Hellgelber, 3 bis 4 m mächtiger Zersatzsand aus Gang-Granit wird bei Vorderau, in der Gemarkung Heindlschlag, bedarfsweise gewonnen.

Zersatzsand aus „Orthogneis" der Wunsiedler Bucht wird in einer größeren Grube nördlich von Vordorf abgebaut.

Im Zersatz von Biotit-Plagioklas-Gneis (Perlgneis) ist eine Gewinnungsstelle in der Gemarkung Pilmersried I-Schüßling angelegt worden. In einer Sandgrube am Gaisruck südwestlich von Triefenried wird Zersatz aus anatektischem Gneis gewonnen.

Zersatz aus tiefgründig vergrustem und verwittertem syenitischem Diatexit (Palit) wird am nordwestlichen Steinbühl, an der Verbindungsstraße Augrub – Habernberg – Kasberg abgebaut. Hier wird mittel- bis grobkörniger Sand bis Feinkies (Bausand), Auffüll- und Schüttmaterial gewonnen. Die Verwitterungsrestblöcke werden ausgehalten. Tiefgründig vergruster, mittel- bis grobkörniger syenitischer Diatexit (Palit) mit Einschaltungen boudinierter Amphibolitlagen und -kugeln, der von einem SW-NO-streichenden, gegen SO einfallenden, 2 m mächtigen gelbweiß angewitterten, fein- bis kleinkörnigen Granitgang durchschlagen wird, wird nordöstlich von Kaltenbrunn bei Abtschlag als Bausand, Auffüll- und Schüttmaterial gewonnen. Die kugeligen Gneis- und Amphibolit-Verwitterungsrestblöcke und der Ganggranit werden beim Abbau ausgehalten.

Für den Ausbau der Bundesstraße 20 wird Kristallinzersatz als Sand- und Kiessubstitut für Frostschutzschicht- und Schüttmaterial verwendet. Der Abbau erfolgt in der Gemarkung Bärnzell, Gemeinde Ascha, nördlich von Agendorf und östlich von Oberalteich.

Ebenfalls vorgesehen ist der Abbau von Gneiszersatz unter lehmig-sandiger Überdeckung in der Gemarkung Pfelling, südöstlich von Liepolding und seine Verwendung als Schüttmaterial beim Ausbau der Kreisstraße SR 22 bei Hofweinzier.

Als Kiessubstitut wird Kristallinzersatz zur Verwendung als Schüttmaterial westlich Hüttenzell, Gemeinde Wiesenfelden (Stallwang) gewonnen.

Stand 2000

Literatur

ABELE, G., FUCHS, B. & STEPHAN, W. (1955): Die westliche bayerische Vorlandmolasse. – In: Erläuterungen zur Geologischen Übersichtskarte der Süddeutschen Molasse 1:300 000, 46–58, München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1955.

BATSCHE, H. (1957): Geologische Untersuchungen in der Oberen Süßwassermolasse Ostniederbayerns (Blatt Landau, Eichendorf, Simbach, Arnstorf der Topogr. Karte 1:25 000). – Geol. Jb., Beih. **26**: 261–307, Hannover 1957.

BAUBERGER, W. & HAUNSCHILD, H. (1960): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000 Blatt Nr. 6438 Schnaittenbach. – 127 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1960.

BAUBERGER, W., HAUNSCHILD, H., SCHNEIDER, E. F. & TILLMANN, H. (1960): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000 Blatt Nr. 6437 Hirschau. – 138 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1960.

BERGER, K. (1951): Die Dünen im Raum von Nürnberg und Erlangen. – Geol. Bl. NO-Bayern, **1**, 70–74, Erlangen 1951.

BERGER, K. (1967): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000, Blatt Nr. 6732 Roth b. Nürnberg. – 128 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1967.

BERGER, K. (1968): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000, Blatt Nr. 6832 Heideck. – 115 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1968.

BERGER, K. (1970): Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 6830 Gunzenhausen. – 179 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1970.

BERGER, K. (1971): Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 6831 Spalt. – 212 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1971.

BERGER, K. (1978): Erläuterungen zur Geologischen Karte Nürnberg – Fürth – Erlangen und Umgebung 1:50 000. – 219 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1978.

BERGER, K. (1979): Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 6633 Feucht. – 115 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1979.

BERGER, K. (1982): Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 6931 Weißenburg i. Bay. – 136 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1982.

BESCHOREN, B. (1955): Die Vorlandmolasse im Gebiet der unteren Isar. – In: Erläuterungen zur Geologischen Übersichtskarte der Süddeutschen Molasse 1:300 000, 59–67. München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1955.

BLASY, L. (1974): Die Grundwasserverhältnisse in der Münchener Schotterebene westlich der Isar. – Diss. München. 103 S., München 1974.

BLISSENBACH, E. (1957): Die jungtertiäre Grobschotterschüttung im Osten des bayerischen Molassetroges. – Geol. Jb., Beih. **26**: 9–48, Hannover 1957.

BRUNNACKER, K. (1956): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000 Blatt Nr. 7142 Straßkirchen. – 52 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1956.

BRUNNACKER, K. (1959): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000, Blatt Nr. 7636 Freising Süd. – 94 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1959.

BRUNNACKER, K. (1962): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000, Blatt Nr. 7536 Freising Nord. – 84 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1962.

BRUNNACKER, K. (1964): Quartär. – In: Bayerisches Geologisches Landesamt: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:500 000, 2. Aufl., 230–243, München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1964.

Brunnacker, K., Paulus, B., Brockert, M., Hinsch, W. & Vidal, H. (1964): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000, Blatt Nr. 7736 Ismaning. – 99 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1964.

Diez, Th. (1973): Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 7931 Landsberg a. Lech. – 78 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1973.

Dingethal, F. J., Jürging, P., Kaule, G., Weinzierl, W. (1981): Kiesgrube und Landschaft. Handbuch über den Abbau von Sand und Kies. – 227 S., Hamburg und Berlin 1981.

Doben, K. & Frank, H. (1984): Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 8333 Murnau. – 151 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1984.

Doben, K. & Heller, F. (1968)- Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000, Blatt Nr. 6637 Rieden. – 56 S., 13 Abb., 2 Tab., 2 Beil., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1968.

Dobner,A. (1980): Hydrogeologie des Maintales. – In: Bayerisches Geologisches Landesamt: Wasserwirtschaftliche Rahmenuntersuchung Donau und Main (Hydrogeologie): S. 27–41, München 1980.

Doppler, G. (1980): Das Quartär im Raum Trostberg an der Alz im Vergleich mit dem nordwestlichen Altmoränengebiet des Salzachvorlandgletschers (Südostbayern). – Diss. L. M. – Univ. München, VIII+198 S., 39 Abb., 8 Tab., 17 Taf., München 1980.

Doppler, G. (1982): Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 7941 Trostberg. – 131 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1982.

Ebers, E., Weinberger, L. & Del-negro, W. (1966): Der Pleistozäne Salzachvorlandgletscher. – Veröff. Ges. Bayer. Landeskde., **19–22**, 178 S., München 1966.

Exler, J. (1957): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000, Blatt Nr. 6234 Pottenstein. – 44 S., 1 Abb., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1957.

Gall, H., Müller, D. (1977): Tertiär. – In: Geologica Bavarica, **76,** 66–89, München (Bayer. Geol. L.-Amt) München 1977.

Ganss, O. (1977): Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 8140 Prien a. Chiemsee und zum Blatt Nr. 8141 Traunstein. – 344 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1977.

Ganss, O. (1984): Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 8040 Eggstätt. – München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1984 (im Druck).

Gillitzer, G. (1955): Geologische Neuaufnahme des Peißenberger Kohlenreviers. – Geologica Bavarica, **23,** 64 S., 14 Abb., 2 Taf., 1 geol. Kte 1:25 000, München 1955.

Graul, H. (1943): Zur Morphologie der Ingolstädter Ausräumungslandschaft. – Forsch. dt. Landeskde., **43,** 114 S., Leipzig 1943.

Grimm, W.-D. (1957): Stratigraphische und sedimentpetrographische Untersuchungen in der Oberen Süßwassermolasse zwischen Inn und Rott (Niederbayern). – Geol. Jb., Beih. **26**: 97–199, Hannover 1957.

Grimm, W.-D. (1973): Stepwise heavy mineral weathering in the Residual Quartz Gravel, Bavarian Molasse (Germany). – Contr. Sedimentology, **1**: 103–125, Stuttgart 1973.

Grimm, W. D. & Mtarb. (1979): Quartärgeologische Untersuchungen im Nordwestteil des Salzach-Vorlandgletschers (Oberbayern). – In: Schlüchter, C. (Hrsg.) Moraines and Varves, 101–114, Rotterdam (Balkema) 1979.

Grottenthaler, W. (1980): Geologische Karte von Bayern. 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 7833 Fürstenfeldbruck. – 82 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1980.

Gruss, H. (1958): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000, Blatt Nr. 6833 Hilpoltstein. – 32 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1958.

GUDDEN, H. & TREIBS, W. (1964): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000, Blatt Nr. 6536 Sulzbach – Rosenberg Süd. – 104 S., 4 Abb., 7 Beil., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1964.

HAARLÄNDER, W. (1963): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000, Blatt Nr. 6231 Adelsdorf. – 72 S., München (Bayern. Geol. L.-Amt) 1963.

HAARLÄNDER, W. (1966): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000, Blatt Nr. 6331 Röttenbach. – 84 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1966.

HAARLÄNDER, W. (1966): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000, Blatt Nr. 6432 Erlangen Süd. – 146 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1966.

HAARLÄNDER, W. (1971): Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 6431 Herzogenaurach. – 118 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1971.

HÄNEL, R. (1974): Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 6433 Lauf a.d. Pegnitz. – 109 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1974.

HANTKE, R. (1983): Eiszeitalter Bd. III. Die jüngste Erdgeschichte der Schweiz und ihrer Nachbargebiete. Westliche Ostalpen mit ihrem bayerischen Vorland bis zum Inn-Durchbruch und Südalpen zwischen Dolomiten und Mont Blanc. – 730 S., Thun (Ott) 1983.

HAUNSCHILD, H. (1967): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000, Blatt Nr. 6829 Ornbau. – 135 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1967.

HAUNSCHILD, H. (1970): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000, Blatt Nr. 6827 Feuchtwangen West. – 111 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1970.

HAUNSCHILD, H (1979): Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 6928 Weiltingen. – 87 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1979.

HAUNSCHILD, H. & SCHRÖDER, B. (1960): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000, Blatt Nr. 6237 Grafenwöhr. – 88 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1960.

HAUNSCHILD, H. & WEISER, TH. (1977): Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 6929 Wassertrüdingen. – 99 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1977.

HÖFLE, H.-CH. & KUHNERT, CH. (1969): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000, Blatt Nr. 8331 Bayersoien. – 122 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1969.

HOFMANN, B. (1973): Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 7439 Landshut Ost. – 113 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1973.

HOMILIUS, J., WEINIG, H., BROST, E. & BADER, K. (1983): Geologische und geophysikalische Untersuchungen im Donauquartär zwischen Ulm und Passau. – Geol. Jb., **E 25**: 73 S., Hannover 1983.

HÖRAUF, H. (1972): Ein wichtiger Doggersandsteinaufschluß am Dillberg. – Geol. Blätter NO-Bayern, **22**: 129–136, Erlangen 1972.

JERZ, H. (1969): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000, Blatt Nr. 8134 Königsdorf. – 173 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1969.

JERZ, H. (1974): Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 8327 Buchenberg. – 181 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1974.

JERZ, H. & WAGNER, R. (1978): Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 7927 Amendingen. – 131 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1978.

JERZ, H. & MITARBEITER (1983): Quartär und Bodengesellschaften im Unterallgäu (Exkursion C am 7. 4. 1983). – Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N. F. **65**, 31–43, 5 Abb., Stuttgart 1983.

KALOGIANNIDIS, K. (1981): Geologische Untersuchungen zur Flußgeschichte der Naab (NO-Bayern). – Sonderveröff. d. Univ. Köln, **40**, 203 S., 31 Abb., Köln 1981.

KNAUER, J. (1929): Erläuterungen zum Blatt München-West (Nr. XXVII) der Geognostischen Karte von Bayern 1:100 000, Teilblatt Landsberg. – 47 S., München 1929.

KÖRBER, H. (1962): Die Entwicklung des Maintales. – Würzburger Geograph. Arb. **10**, 170 S., Würzburg 1962.

KÖWING, K., KRAUS, L. & RÜCKERT, G. (1968): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000, Blatt Nr. 7837 Markt Schwaben, – 147 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1968.

KRAUS, E. (1916): Geologie des Gebietes zwischen Ortenburg und Vilshofen in Niederbayern an der Donau. – Geogr. Jh., **28** (1915), München 1916.

KRUMBECK, L. (1956): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000, Blatt Nr. 6232 Forchheim. – 80 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1956.

KUHNERT, CH. & OHM, R. (1974): Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 8330 Roßhaupten. – 102 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1974.

KUHNERT, CH. & ROHR, W. M. (1975): Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 8230 Lechbruck. – 99 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1975.

LAHNER, A. & STAHL, G. (1969): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern, 1:25 000 Blatt Nr. 6734 Neumarkt i.d. Opf. – 83 S., 2 Taf., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1969.

LANG, M. (1970): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern, 1:25 000, Blatt Nr. 6131 Bamberg Süd. – 150 S., 4 Taf., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1970.

LEGER, M. (1965): Les terrasses du Danube de Regensburg a Pleinting. – Bull. de I. Association Francaise pour l'etude du Quaternaire, **1965** (2), 153–164, Paris 1965.

LEMCKE, K. (1967): Zur Paläogeographie der Glassande der subalpinen Molasse Südbayerns. – Geol. Rdsch., **56**: 262–266, Stuttgart 1967.

LENSCH, G. (1961): Stratigraphie, Fazies und Kleintektonik der kohleführenden Schichten in der bayerischen Faltenmolasse (Peißenberg, Peiting, Penzberg, Hausham, Marienstein). – Geologica Bavarica, **46:** 3–52, München 1961.

LOBINGER, W.-H. (1980): Angewandte Geologie in Ostniederbayern auf Blatt 7644 Triftern und Umgebung. – Diss. Univ. München. 231 S., München 1980.

LÖSCHER, M. (1976): Die präwürmzeitlichen Schotterablagerungen in der nördlichen Iller-Lech-Platte. Heidelb. Geogr. Arb., **45**: 157 S., Heidelberg 1976.

MAYR, M. (1957): Geologische Untersuchungen in der ungefalteten Molasse im Bereich des unteren Inn (Positionsblätter Simbach a. Inn 653 und Julbach 652/Ostteil). – Geol. Jb. Beih., **26:** 309–370, Hannover 1957.

MÜLLER, D. & GALL, H. (1977): Quartär. – In: Erläuterungen zur Geologischen Karte des Rieses 1:50 000, Geologica Bavarica **76:** 89–101, Bayer. Geol. L.-Amt, München 1977.

MÜLLER, M. & ZIEGLER, J. H. (1978): Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 8042 Waging a. See. – 97 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1978.

NEUMAIER, F. (1955): Das ostniederbayerische Tertiär. – In: Erläuterungen zur Geologischen Übersichtskarte der Süddeutschen Molasse 1:300 000, 68–80. München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1955.

OKRUSCH, M., STREIT, R. & WWEINELT, W. (1967): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000, Blatt Nr. 5920 Alzenau i. Ufr. – 336 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1967.

PAKZAD, M. (1976): Bodenphysikalische Untersuchungen an Lockersedimenten in Ostniederbayern. – Diss. Univ. München. 189 S., München 1976.

PFLAUMANN, U. & STEPHAN, W. (1968): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000, Blatt Nr. 8237 Miesbach. – 415 S., 13 Taf., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1968.

PRIEHÄUSSER, G. (1968): Über die Verwitterung kristalliner Gesteine zu Zersatz von der Oberfläche aus. Beispiele aus dem Bayerischen Wald. – Geol. Bl. NO-Bayern, **18:** S. 162–172, 2 Abb., Erlangen 1968.

SCHAEFER, I. (1966): Der Talknoten von Donau und Lech. – Mitt. d. Geograph. Ges. in München, **51,** S. 59–111, München 1966.

SCHEUENPFLUG, L. (1979): Die rißzeitliche Hochterrasse des Lechs nördlich Augsburg und die Schmutter (Bayerisch Schwaben). – Heidelb. Geogr. Arb., **49:** 194–209, Heidelberg 1979.

SCHEUENPFLUG, L. (1981): Die Schotterfazies des Augsburger Umlandes. – Ber. naturwiss. Ver. Schwaben, **85** (1–2), 14–21, Augsburg 1981.

SCHIRM, E. (1968): Die hydrologischen Verhältnisse der Münchner Schotterebene östlich der Isar. – VII + 139 S., 20 Abb., 13 Prof., 5 Ktn, München 1968.

SCHIRMER, W. (1978): Talgrundwasser von Main und Regnitz – Aufbau und Genesse der Talaue. – In: Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft (1978): Das Mainprojekt. – Schriftenreihe des Bayer. L.-Amtes für Wasserwirtsch., **7,** 145–154, 4 Abb., 1 Tab., München 1978.

SCHMID, H. & WEINELT, WL (1978): Lagerstätten in Bayern – Erze, Industrieminerale, Salze und Brennstoffe. – Geologica Bavarica, **77,** 160 S., 1 Beil. (farb. Karte), München 1978.

SCHMIDT-KALER, H. (1968): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000, Blatt Nr. 7136 Neustadt a.d. Donau. – 167 S., 34 Abb., 6 Taf., 5 Tab., 1 Beil., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1968.

SCHMIDT-KALER, H. (1970): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000, Blatt Nr. 6930 Heidenheim. – 120 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1970.

SCHMIDT-KALER, H. (1974): Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 6634 Altdorf. – 152 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1974.

SCHMIDT-KALER, H. (1977): Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 6534 Happurg. – 79 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1977.

SCHMIDT-KALER, H. (1981): Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 6834 Berching. – 72 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1981.

SCHWARZMEIER, J. (1978): Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 6024 Karlstadt und Blatt Nr. 6124 Remmlingen. – 155 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1978.

SCHWERD, K. (1983): Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 8328 Nesselwang West. – 192 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1983.

SCHWERD, K., EBEL, R. & JERZ, H. (1983): Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 8427 Immenstadt i. Allgäu. – 258 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1983.

SCHWERD, K. & UNGER, H. (1981): Molassebecken. – In: Bayerisches Geologisches Landesamt: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:500 000, 3. Aufl.: 88–95, München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1981.

SINN, P. (1972): Zur Stratigraphie und Paläographie des Präwürm im mittleren und südlichen Illergletscher-Vorland. – Heidelb. Geogr. Arb., **37:** 159 S., Heidelberg 1972.

SPOERER, H. (1978): Das Geröllspektrum entlang des Mainlaufes. – In: Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft (1978): Das Mainprojekt. – Schriftenreihe des Bayer. L.-Amtes f. Wasserwirtsch., **7,** 29–31, 7 Abb., München 1978.

STEPHAN, W. (1964): Tertiär, Molassebecken. – In: Bayerisches Geologisches Landesamt: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:500 000 (2. Auflage), S. 178–195, München 1964.

STEPHAN, W. & HESSE, R. (1966): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000 Blatt Nr. 8236 Tegernsee. – 304 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1966.

STIEFEL, J. (1957): Ein Beitrag zur Gliederung der Oberen Süßwassermolasse in Niederbayern. – Geol. Jb., Beih. **26:** 201–259, Hannover 1957.

STREIT, R. & WEINELT, W. (1971): Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 6020 Aschaffenburg. – 398 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1971.

TILLMANN, H. (1958): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000 Blatt Nr. 6337 Kaltenbrunn. – 118 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1958.

TILLMANN, H. & TREIBS, W. (1967): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000, Blatt Nr. 6335 Auerbach. – 219 S., 6 Abb., 8 Bildtaf., 7 Beil., 1 Profiltaf., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1967.

TILLMANN, H., TREIBS, W. & ZIEHR, H. (1963): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000, Blatt Nr. 6537 Amberg. – 222 S., 25 Abb., 1 Taf., 1 Beil., 2 Profiltaf., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1963.

TILLMANNS, W. (1977): Zur Geschichte von Urmain und Urdonau zwischen Bamberg, Neuburg/Donau und Regensburg. – Sonderveröff. Geol. Inst. Univ. Köln, **30,** 198 S., Köln 1977.

TILLMANNS, W. (1980): Zur plio-pleistozänen Flußgeschichte von Donau und Main in Nordostbayern. – Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N. F., **62:** 199–205, Stuttgart 1980.

TILLMANNS, W., BRUNNACKER, K. & LÖSCHER, M. (1983): Erläuterungen zur Geologischen Übersichtskarte der Aindlinger Terrassentreppe zwischen Lech und Donau, 1:50 000. – Geologica Bavarica, **85:** 31 S., München 1983.

TROLL, C. (1924): Der diluviale Inn-Chiemsee-Gletscher. Das geographische Bild eines typischen Alpenvorlandgletschers. – Forsch. dt. Landes- u. Volkskde., **23:** 121 S., Stuttgart 1924.

UNGER, H. J. (1976): Die Obere Süßwassermolasse zwischen Inn und Donau. – Naturwiss. Z. Niederbayern, **26:** 115–134, Landshut 1976.

UNGER, H. J. (1978): Geologische Karte von Bayern 1:50 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. L 7740 Mühldorf am Inn. – 184 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1978.

UNGER, H. J. (1983): Geologische Karte von Bayern 1:50 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. L 7342 Landau a.d. Isar. – 141 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1983.

URLICHS, M. (1968): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000, Blatt Nr. 6533 Röthenbach a.d. Pegnitz. – 126 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1968.

VOSSMERBÄUMER, H. (1973): Quartäre Flugsande in Nordbayern. – Geol. Bl. NO-Bayern, **23:** 1–20, Erlangen 1973.

WEINIG, H. (1972): Hydrogeologie des Isartales zwischen Landshut und Landau und ihre Beeinflussung durch Staustufen. – Diss. Univ. München, 121 S., München 1972.

WEINIG, H. (1980): Hydrogeologie des Donautales. – In: Wasserwirtschaftliche Rahmenuntersuchung Donau und Main (Hydrogeologie): 9–26, 7 Beil., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1980.

WITTMANN, D. (1957): Gliederung und Verbreitung der Süßbrackwassermolasse in Ost-Niederbayern. – Geol. Jb., Beih. **26:** 49–95, Hannover 1957.

WOLFF, H. (1973): Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 8238 Neubeuern. – 352 S., 20 Taf., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1973.

WROBEL, J.-P. (1980): Wechselbeziehungen zwischen Baggerseen und Grundwasser in gut durchlässigen Schottern. – GWF-Wasser/ Abwasser, **121** (4), S. 165–174, München 1980.

ZACHER, W. (1964): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000, Blatt Nr. 8430 Füssen. – 151 S., 4 Taf., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1964.

ZACHER, W. (1966): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000, Blatt Nr. 8429 Pfronten. – 208 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1966.

ZIEGLER, J. H. (1983): Verbreitung und Stratigraphie des Jungpleistozäns im voralpinen Gebiet des Salzachgletschers in Bayern. – Geologica Bavarica, **84:** 153–176, 2 Taf., München 1983.

Tone, Mergel, Lehme

Die unter diesem Titel zusammengefaßten Rohstoffe werden in erster Linie als grobkeramische Massen eingesetzt. Außerdem wurden in diesen Abschnitt die tonigen Rohstoffe einbezogen, soweit sie in der Feinkeramik, in der Zementindustrie und in der chemischen Industrie (z.B. Bentonit) verarbeitet werden.

Lediglich der Kaolin, der bereits von SCHMID & WEINELT (1978) ausführlich beschrieben wurde, blieb von einer neuerlichen Bearbeitung ausgenommen. Aus Gründen der Einheitlichkeit wurden ferner die Mergel des alpinen Raumes, die ohnehin nicht als keramische Rohstoffe verwendet werden, beim Kapitel „Alpine Karbonatgesteine" belassen.

Wie bei anderen oberflächennahen Rohstoffen hat sich der Begriff „Lagerstätte" auch bei tonigen Gesteinen in den letzten 100 Jahren stark gewandelt. Die fortschreitende Technisierung erforderte zunehmende Investitionsmittel, die eine Konzentration in der Ziegelindustrie nach sich zog. Die Entwicklung neuer Technologien und Produkte sowie der wachsende Rohstoffbedarf der einzelnen Werke tragen dazu bei, daß der Begriff „Lagerstätte" zunehmend unter einem anderen Blickwinkel gesehen werden muß. Mit diesem Konzentrationsprozeß, für den die Ziegelindustrie von Mittelfranken ein deutliches Beispiel gibt (222 Ziegeleien um 1900, ca. 20 Ziegeleien um 1935, 13 Ziegeleien heute), ging die Suche nach umfangreicher Rohstoffbasis bzw. lang aushaltenden Lagerstätten einher. Die dabei meist zunehmende Inhomogenität der Lagerstätte und die damit verbundenen nachteiligen Eigenschaften der Rohstoffe können teilweise durch den Einsatz geeigneter Verfahren (z.B. Feinwalzwerke, Vakuumpressen und gesteuerte Trokken- und Brennverfahren) ausgeschaltet oder gemindert werden. Gleichzeitig werden aber durch die Einführung neuer Produkte und Normen ganz spezifische Eigenschaften von den Rohstoffen gefordert. Daher werden bisher ungenutzte Vorkommen als Lagerstätte interessant.

Auf die flächenhafte kartenmäßige Darstellung dieser Rohstoffvorkommen wurde bis auf wenige Ausnahmen verzichtet, da zum einen die Ausbisse der Schichten im vorliegendem Maßstab nur schwer darstellbar sind, und es sich andererseits meist um weitverbreitete Massenrohstoffe handelt. Eingetragen wurden deshalb nur die im Erfassungszeitraum 1980/81 bestehenden Gewinnungsstellen. Soweit kleine Lagerstätten historisch von Interesse sind (z.B. Töpfertone), werden diese im Text erwähnt, ihre früheren Gewinnungsstellen aber nicht auf der Karte dargestellt.

Um den Leser dieses Abschnittes nicht zu verwirren sei bemerkt, daß die Begriffe „Ton" und „Letten", wie sie z.B. als „Seeton" oder „Basisletten" in die Literatur eingegangen sind, nur eine Bezeichnung für feinkörnige Sedimente darstellen, ohne daß eine exakte Korngröße damit definiert ist. Um nicht neue Begriffe zu schaffen und die ohnehin bestehenden Unklarheiten in der Nomenklatur zu vermehren, wurden diese Begriffe beibehalten. Wird allerdings im Folgenden von „Tonsubstanz" oder „Tonanteil" gesprochen, so sind diese Begriffe immer nach DIN 18123 definiert und beziehen sich auf die Korngröße $< 2\ \mu$.

Zur Verwendung von Tonen, Mergeln und Lehmen siehe folgende Zusammenstellung:

Steinguttone	Tonerdereiche, an Eisen und Alkalien sehr arme, kaolinitische Tone	Steingut (Geschirr und Sanitär) Fließen für den Innenausbau
Steinzeugtone	Tone von mittlerem Tonerdegehalt (32–35% Al_2O_3) mit wenig Eisen und Alkalien, mit vorherrschend kaolinitischen Mineralen	Steinzeugrohre, Steinzeugformstücke, Keramikplatten, Bodenfliesen, Sanitär
Schamottetone	Tone mit Al_2O_3-Gehalt > 40%, wenig Eisen- und Alkaligehalt	hochfeuerfeste Schamotte
	Tone mit Al_2O_3-Gehalten von ca. 37–40%, wenig Eisen und Alkalien	feuerfeste Schamotte
	Schamottetone mit feinverteilten Kohleeinschlüssen	Leichtschamotte
Klinkerton	Eisen- und alkalienreiche illitisch-kaolinitische Tone	dunkle Klinker
	Eisenarme illitisch-kaolinitische Tone	helle Klinker
Dachziegelton (Lehm)	Karbonatarme Tone und Lehme von mittlerem Tonerde- und Eisengehalt	Dachziegel und Hourdis
Lochziegelton (Lehm)	Tone und Lehme mit mäßigen bis hohen feinverteilten Karbonatgehalten und mittlerem Sandgehalt (Quarz)	Lochziegel, leichte, wärmedämmende Hintermauersteine
Vollziegelton (Lehm)	Tone und Lehme mit erhöhtem Sand- und mäßigem Karbonatanteil	Vollziegel Hintermauersteine

Blähton	Tone mit günstigem Verhältnis von Flußmittel (z.B. Eisen, Alkalien) und Blähmittel (z.B. org. C, Karbonat)	Blähgranulat für Leichtbeton, Leichtbetonbausteine und -fertigteile, Hydrokultur
Bleistiftton	Sehr feiner, gleichkörniger, plastischer Ton	Zusatz zu Bleistiftminen
Bentonit	Montmorillonitreicher (> 40%), sandarmer Ton	Vielseitige Verwendung z.B. Chemie- und Lebensmittelindustrie (Reinigung von Ölen u. Fetten)
Zementmergel	Kalkreiche, Mg-arme Mergel mit mäßigem Eisengehalt	Zuschlag zur Herstellung von Zementklinkern

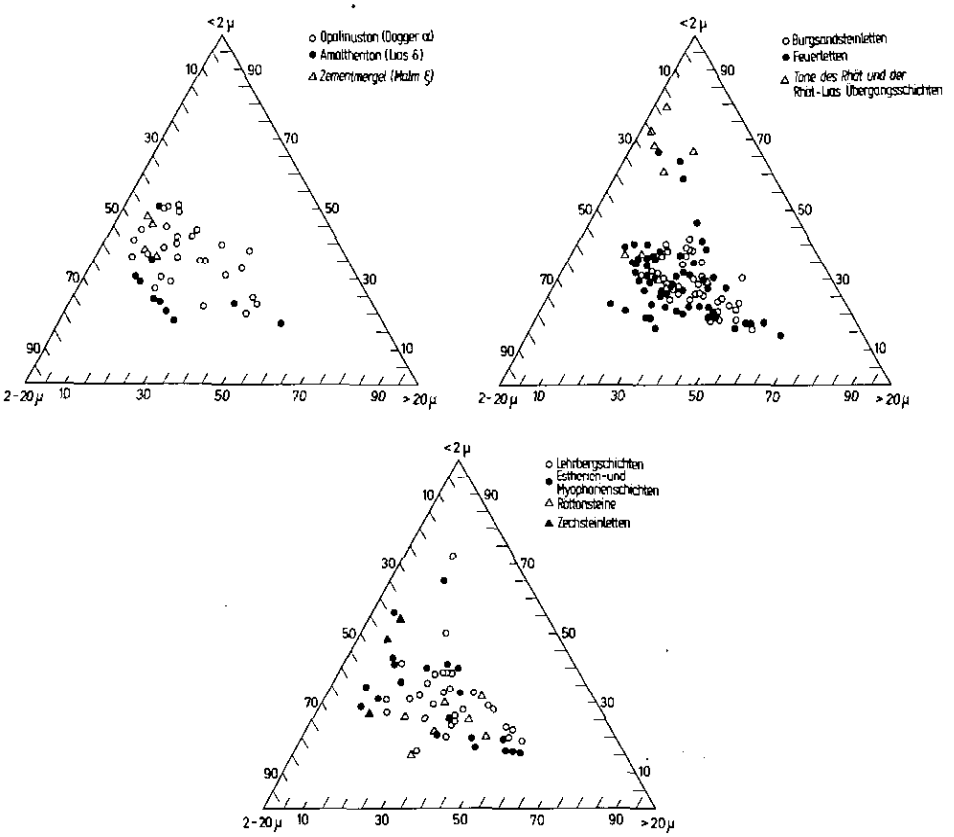


Abb. 2 Korngrößenzusammensetzung paläozoischer und mesozoischer Tone und Mergel (nach Gew.-%)

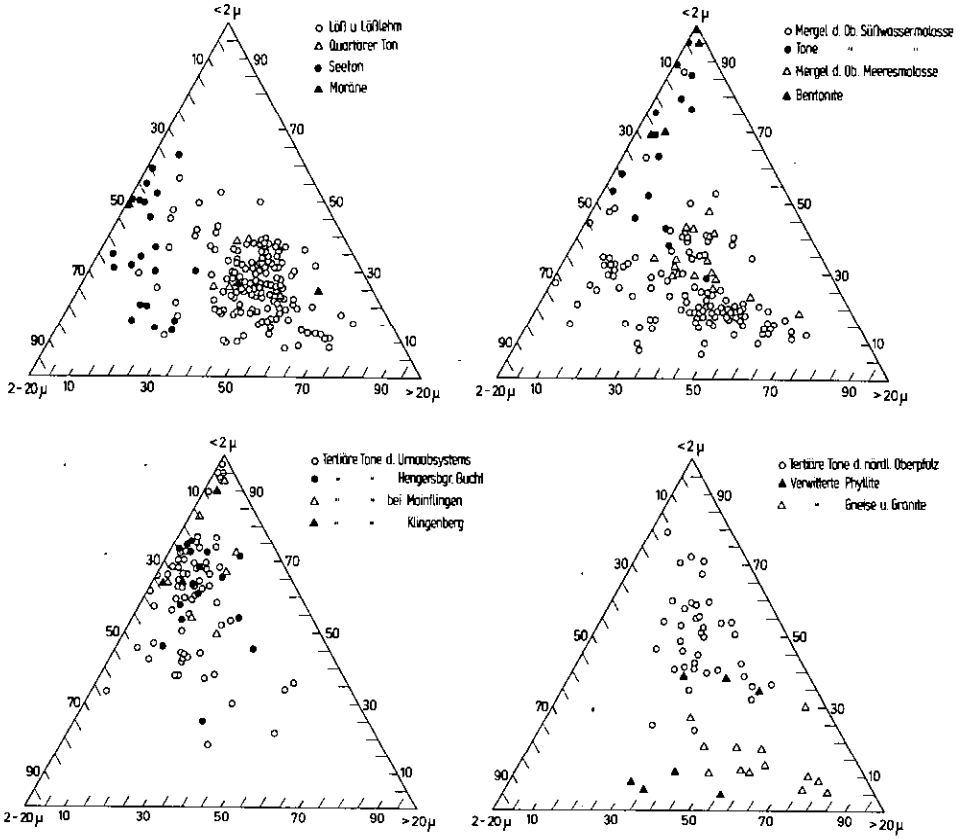


Abb. 3 Korngrößenzusammensetzung tertiärer und quartärer Tone, Mergel und Lehme sowie tertiär verwitterter Kristallingesteine (nach Gew.-%)

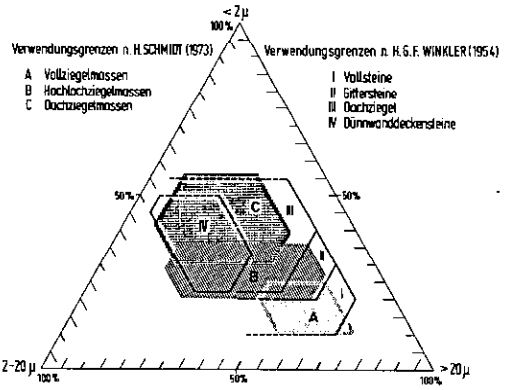


Abb. 4 Verwendungsgrenzen grobkeramischer Massen nach der Kornzusammensetzung (nach Gew.-%)

Toniger Kristallinzersatz

(Albert Dobner)

Toniger Zersatz aus Gneis und Tiefengestein (900)

Die hauptsächlich während der Tertiärzeit wirkende Verwitterung hat auch im Ostbayerischen Grundgebirge und im kristallinen Vorspessart seine Spuren hinterlassen. Die hier entstandenen Zersatz- und Vergrusungszonen können bereichsweise bis in eine Tiefe von über 40 m nachgewiesen werden. Tonige Zersetzungsprodukte, hervorgegangen aus den verschiedensten kristallinen Gesteinen, werden zur Ziegelherstellung abgebaut. Durch den sehr hohen Anteil an Quarz und die Armut an quellfähigen Mineralen lassen sich aus diesem Gesteinsmaterial allein keine Ziegel von ausreichender Festigkeit brennen. Das Gestein kann daher nur unter Zusatz „fetter" Tone verarbeitet werden.

Der sehr hohe Quarzanteil, der in relativ grober Form vorliegt sowie der Mangel an toniger Substanz, die vom Feldspatanteil und dessen Verwitterungsgrad abhängt (s. Abb. 3), bedingen eine nur geringe Rohbruchfestigkeit (ca. 0,3–1 N/mm^2) bei einer Plastizitätszahl, die in der Regel unter 10 liegt. Geringe lineare Trockenschwindung (ca. 2–4%), wenig Brennschwindung (ca. 1–2% bei 1000° C), sowie geringe Scherbenrohdichte und damit hohe Wasseraufnahme (um 20% bei Athmosphärendruck) sind typische Eigenschaften der getrockneten und gebrannten Massen aus diesen Zersatzgesteinen.

Neben mäßiger Materialqualität kann auch die sich rasch ändernde Mächtigkeit der Verwitterungszone eine Lagerstätte aus dem Bereich der Wirtschaftlichkeit führen. Häufig beeinträchtigen Härtlinge als Felsrippen und unverwitterte Gesteinsbrocken den Abbau und machen eine selektive Gewinnung erforderlich. Obwohl die Verwitterungsdecken weit verbreitet sind, finden sich selten Lagerstätten mit dem entsprechenden Tongehalt für grobkeramische Massen.

Als Ziegelrohstoff werden diese Gesteine im Spessart bei Hösbach, und im Ostbayerischen Grundgebirge bei Oberkotzau, Marktredwitz, Rötz, Cham, Grafenau und Tittling gewonnen.

Auf graphitführende Zersatzgesteine dieser Art gründete sich früher ein weithin bekanntes Töpfereizentrum in Obernzell (früher Hafnerszell) bei Passau (neu eröffnetes Keramikmuseum!).

Stand 2000

Toniger Phyllit- und Glimmerschieferzersatz (901)

Neben den Zersetzungsprodukten aus Gneisen und Tiefengestein sind auch die tiefgründig verwitterten Phyllite und Glimmerschiefer für die grobkeramische Industrie von Interesse. Die im älteren Paläozoikum entstandenen, metamorph überprägten Gesteine finden sich vorwiegend in der Umrandung des Fichtelgebirges.

Die teils hellgrauen, teils dunkelroten Zersatzgesteine erreichen Mächtigkeiten bis 30 m über dem unverwitterten Gestein. Je nach Körnigkeit des Ausgangsgesteins können die Verwitterungsgesteine einen Feinkornanteil (< 2 µ) bis ca. 40% aufweisen. Die mineralogische Zusammensetzung des Zersatzes ist gekennzeichnet durch hohe Anteile an Muskovit, Serizit und Quarz, dessen Anteil mit ansteigender Korngröße zunimmt. Daneben sind in der Feinkornfraktion Illit und Kaolinit als Hauptbestandteile vertreten. Teilweise liegen größere Quarzknauern von mehreren Zentimetern Durchmesser als Verwitterungsrelikte im tonigen Gestein. Dem mineralogischen Aufbau entspricht die chemische Zusammensetzung von ca. 50–80% SiO_2, ca. 15–25% Al_2O_3 und ca. 2–4,5% K_2O. Die mineralogische Charakteristik der roten Gesteinsbereiche unterscheidet sich von den hellgrauen Gesteinsvarietäten durch einen höheren Eisenanteil (Hämatit, Goethit), der bis zu 10% Fe_2O_3 erreichen kann. Solche Eisenanreicherungen finden sich bevorzugt auf Kluftrissen und Scherflächen.

Durch den hohen Muskovit-, Serizit- und Quarzgehalt ist das Material nur gering plastisch und kann nur unter Zusatz von plastischen Tonen zu Ziegeln verarbeitet werden. Bei einer linearen Trockenschwindung von ca. 3% und einer Gesamtschwindung von 7–8% erreicht man bei einer Brenntemperatur von 1100–1150° C eine Scherbenrohdichte von 1,9–2,0 g/cm^3.

Verwendung finden diese Rohstoffe als Zusatzmassen für Hintermauersteine, Klinker, Eisenschmelzklinker, säurefeste Steine und Schamotteware; dabei werden für die Klinker, im besonderen aber für die Eisenschmelzklinker die eisenreichen (5–7% Fe_2O_3) und für die Schamotte die eisenarmen Massen (0,6–0,7% Fe_2O_3) bevorzugt. Gehäuftes Auftreten von unverwitterten Quarzknauern kann bei der Verarbeitung stören.

Die Zersatzzone der Phyllite und Glimmerschiefer hängt weitgehend von geologischen Faktoren wie z.B. mineralogischer Zusammensetzung und tektonischer Beanspruchung ab und ist unterschiedlich ausgeprägt. Die Erkundung abbauwürdiger Vorkommen setzt im Rahmen der geologischen Verbreitung noch detaillierte Untersuchungen voraus.

Gewonnen werden diese Rohstoffe heute bei Waldsassen und Schirnding.

Tonig zersetzter Diabas

Mangels guter Rohstoffvorkommen verwendeten die ehemaligen Ziegeleien in Hof unter anderem tonig zersetzte Diabase. Das Material war sehr inhomogen und nur wenig plastisch.

Tone des Paläozoikums

(ALBERT DOBNER)

Zechsteinton (910)

Am Übergang vom kristallinen Spessart zu den Buntsandsteinhöhen treten über den Dolomiten des Zechsteins mehrere Meter mächtige, kräftig braune bis braunrote Tone auf, die auch als Zechsteinletten bezeichnet werden. Als Sedimente des letzten Vorstoßes des Zechsteinmeeres nach Süden leiten sie zu den Schichten des Bröckelschiefers (Unterer Buntsandstein) über.

Aufgrund der Kornzusammensetzung sind diese Sedimente als schwach sandige, stark schluffige Tone einzustufen, die geringe, meist als Dolomit auftretende Karbonatführung zeigen. Der mineralogische Aufbau ist durch starke Glimmeranreicherung gekennzeichnet.

Die charakteristischen technischen Eigenschaften sind eine hohe Brennschwindung, die bei 1000° C bereits über 6% betragen kann, d.h., daß der Ton bei diesen Temperaturen nahezu dicht gebrannt ist und eine Scherbenrohdichte von 2,15 g/cm^3 erreicht. Auffallend ist seine vom hohen Eisengehalt herrührende dunkelrote bis schokoladenbraune Brennfarbe.

Während dieser Ton früher in mehreren Ziegelhütten verarbeitet wurde, genügt er den Anforderungen heute nicht mehr in vollem Umfang. Dieses Material wird derzeit nur noch bei Geiselbach gewonnen und Ziegelmassen in geringem Prozentsatz zugeschlagen.

Tone und Mergel des Mesozoikums

(ALBERT DOBNER)

Tone des Bröckelschiefers

Ohne scharfe petrographische Grenze geht der Zechsteinletten in die Bröckelschieferfolge des Unteren Buntsandsteins über. Rote bis rotbraune Schiefertone, die im unteren Abschnitt dieser im Spessart z.T. über 50 m mächtigen Folge auftreten, sind mager und glimmerigsandig und versanden gegen das Hangende immer mehr. Als Ziegelrohgut wurden sie früher gelegentlich südwestlich Lohrhaupten abgegraben, spielen aber heute als Lagerstätte keine Rolle mehr.

Tone des Chirotherienschiefers

Die im Grenzbereich vom Mittleren zum Oberen Buntsandstein über dem Thüringischen Chirotheriensandstein lagernden, mehrere Meter mächtigen, feinblättrigen Schiefertone sind sehr mager. Sie wurden früher nur selten, vornehmlich im Raum Brückenau als Ziegelrohstoff genutzt.

Röttonsteine (920)

Mit zunehmendem marinen Einfluß im Oberen Buntsandstein kam es zur Sedimentation der Röttonsteine. Beginnend über dem Plattensandstein bilden sie bis zum Muschelkalk in Unterfranken und im nördlichen Oberfranken eine 40–60 m mächtige Feinsedimentabfolge. Durch den Rötquarzit, bzw. sein Äquivalent in Oberfranken, den Fränkischen Chirotherien-sandstein, der einen markanten Sandsteinhorizont von 5–15 m Mächtigkeit bildet, werden die Feinsedimente in Obere und Untere Röttonsteine getrennt.

Ausbildung und Eigenschaften: Die Unteren Röttonsteine sind schwach sandige, glimmerhaltige, schlecht geschichtete Ton- und Schluffsteine. Die Oberen Röttonsteine beinhalten dagegen in der Regel etwas weniger Sand und mehr Schluff. Vereinzelt treten hier Gipsschnüre auf. Beide Horizonte sind aufgebaut aus kräftig roten, örtlich auch grauen Ton- und Schluffsteinen, in denen dünne Quarzit- und Steinmergellagen eingelagert sein können. Über die Karbonatgehalte der Unteren Röttone liegen keine Angaben vor. Nach Untersuchungen, die im mittleren Unterfranken an den Oberen Röttonsteinen durchgeführt wurden, liegen die $CaCO_3$-Gehalte im Mittel bei ca. 15%, die $MgCO_3$-Gehalte bei ca. 2%. Magnesiumkarbonatfreie Lagen kommen vor, sind aber nicht die Regel.

Als charakteristische Eigenschaft dieses Rohstoffs ist die gute Trocknungsfähigkeit zu nemmen, die auf den erhöhten Glimmergehalt zurückzuführen ist. Daher ist auch die lineare Trockenschwindung mit 2–4% nur mäßig. Durch den gewöhnlich unter 10% liegenden Quarzgehalt ist das Material auch relativ kühlunempfindlich. Bei durchschnittlichen Karbonatgehalten unter 5% läßt sich eine Scherbenrohdichte von etwa 2,0 g/cm^3 erzielen. Bei Karbonatgehalten von ca. 15% sinkt die Scherbenrohdichte auf Werte um 1,9 g/cm^3 und bei Gehalten von 25–30% ist mit Werten zwischen 1,7–1,8 g/cm^3 zu rechnen. Die vorgenannten Werte beziehen sich auf eine Brenntemperatur von 1000° C. Der in einzelnen Schichten stark angereicherte Karbonatgehalt (bis 70%) erfordert eine gute Durchmischung bzw. entsprechende Aufbereitung des Materials.

Vorkommen: Das Verbreitungsgebiet der Röttonsteine zieht sich von Südwesten nach Nordosten quer durch Unterfranken und ist an der Grenze Buntsandstein/Muschelkalk gut zu verfolgen. In Oberfranken sind mächtige Tonsteine nur noch nördlich von Kronach anzutreffen, nach Südosten werden sie zunehmend von Sandsteinen vertreten. Der Abbau auf diese Schichten als Ziegelrohstoff geht um bei Marktheidenfeld, Wiesenfeld, Hammelburg und an mehreren Stellen bei Neustadt a.d. Saale.

Stand 2000

Tone und Mergel des Unteren Keupers (921)

Als Sedimente eines küstennahen Meeresbeckens sind die Schichten des Unteren Keupers in Mächtigkeit und Petrographie sehr unterschiedlich ausgebildet. Die Mächtigkeit des gesamten Schichtkomplexes – soweit er in Bayern übertage ansteht – reicht von etwas mehr als 20 m im Raum Rothenburg ob der Tauber bis ca. 50 m im Raum Mellrichstadt. Neben dolomitischen Mergelkalksteinen, Kalksteinen und feinkörnigen Sandsteinen (z.B. Werksandstein), beherrschen Tonsteine und Mergelsteine den Schichtaufbau. Die bevorzugt im mittleren Bereich

ausgebildeten Sandsteine (Werksandsteinniveau) untergliedern das Profil in einen oberen und unteren Teil. Im oberen Bereich sind vorwiegend olivfarbene, rote und auch gelbliche, leicht sandige, mergelige Tonsteine vertreten, die durch Sandsteinschichten und einzelne linsige, kohlige Lagen (Lettenkohle) getrennt sind. Im unteren Abschnitt herrschen überwiegend dunkle, mergelige Tonsteine vor, die von dolomitischen Mergelsteinen und schwach quarzitisch gebundenen Lagen untergliedert werden.

Der in Korngröße, Festigkeit und Chemismus stark wechselnde Schichtaufbau läßt eine Beurteilung für die Herstellung von Ziegelmassen kaum zu, da aus technischen Gründen in einer Abbauwand immer mehrere, lithologisch unterschiedliche Schichten erfaßt werden. Während Sandsteine bei geringer Mächtigkeit und mäßiger Verfestigung als Beimengung in Kauf genommen werden können, müssen Kalksteinbänke und -linsen, insbesondere bei stärkerer Dolomitisierung und Verfestigung ausgesondert werden.

Die Verbreitung des Unteren Keupers reicht von Rothenburg ob der Tauber über Kitzingen und Schweinfurt nach Norden bis Mellrichstadt, die westlichsten Vorkommen greifen über Würzburg und Arnstein hinaus.

Abgebaut werden diese Schichten bei Estenfeld östlich Würzburg, südlich Zeilitzheim bei Volkach und bei Mellrichstadt.

Stand 2000

Tone und Mergel der Estherien- und Myophorienschichten (922)

Die Estherien- und Myophorienschichten des Unteren Gipskeupers bilden einen in ihrer Mächtigkeit (Estherienschichten 20–45 m, Myophorienschichten 5–15 m) stark schwankenden Schichtkomplex aus grauen bis dunkelgrauen, dünnschieferigen, schluffigen Tonmergeln, die im Liegenden des Schilfsandsteins auch rotbraun gefärbt sein können. Geringmächtige Steinmergelbänke und glimmerhaltige Feinsandlagen verursachen häufig eine hell-dunkle Bänderung des Gesteins. Die Schichten weisen einen relativ hohen Karbonatgehalt (z.T. weit über 40%) mit hohem Magnesiumanteil auf, der insbesondere in dünnen Steinmergelbänken konzentriert ist. Bezeichnend sind Einlagerungen von Gips (Anhydrit), die in oberflächennahen Partien auch ausgelaugt sein können. In der Tonfraktion herrschen Glimmer und Illite vor. Als Beispiel der chemischen Zusammensetzung seien im folgenden die Mittelwerte aus zwei Analysen (getrocknete Substanz) angeführt:

SiO_2:36,5%; Al_2O_3:12,0%; Fe_2O_3:4,6%; CaO:11,1%; MgO:10,2%; Na_2O:0,2%; K_2O:4,5%; P_2O_5:0,2%; Sulfate: 0,1%; Chloride: Spuren; Glühverlust: 20,1%, davon 16,7% CO_2.

Infolge ihres Karbonatanteiles eignen sich die Tonmergel nur bedingt zur Herstellung von Ziegeln. Insbesondere beim Auftreten von Karbonatkonkretionen sind entsprechende technische Aufbereitungsmaßnahmen notwendig, um Absprengungen zu vermeiden. Dementsprechend sind als Ziegelrohstoff nur die kalkärmeren und kaum Magnesium und Gips führenden Schichten zu verwenden, die selektiv abgebaut werden müssen. Bei Auftreten von Gips ist mit Trockenausblühungen zu rechnen.

Die Höhe des Karbonatgehaltes bedingt weitgehend die technischen Eigenschaften des gebrannten Ziegels wie Porosität, Wasseraufnahme und Scherbenrohdichte. So liegen z.B. bei einer Brenntemperatur von 1000° C und einem Karbonatgehalt von 28% der S-Wert bei 0,84 und die Scherbenrohdichte bei 1,66 g/cm^3. Die Farbe variiert je nach Brenntemperatur und Karbonatgehalt von hellrot bis gelb-beige.

Obwohl im Vorland der Frankenhöhe und des Steigerwaldes weit verbreitet, wurden diese Schichten schon früher kaum genutzt. Heute beschränkt sich der Abbau auf Gruben bei Ansbach, Reusch nördlich Uffenheim und bei Coburg, wo sie bei geeigneter Ausbildung meist zusammen mit anderen Schichten abgegraben und in Ziegelmassen eingesetzt werden.

Bei Versuchen mit karbonatarmen Proben ließ sich zwar ein günstiges Blähverhalten nachweisen. Nach geologisch-lagerstättenkundlichen Erfahrungen dürfte dieses Material nur örtlich und zwar im Übergangsbereich von Becken- zur Randfazies z.B. im Raum Kemnath-Grafenwöhr als abbauwürdige Lagerstätte zu finden sein.

Stand 2000

Tone des Schilfsandsteins (923)

Die zwischen Estherienschichten und Lehrbergschichten liegende Schilfsandsteinstufe enthält neben dem für sie charakteristischen Sandstein auch Feinsedimente. In der bis 40 m Mächtigkeit anwachsenden Abfolge können tonige Schichten örtlich bis über 10 m mächtig werden und sogar gegenüber dem Sandstein vorherrschen. Die Feinsedimente bestehen hauptsächlich aus Schluffen mit wechselndem Tongehalt; bzw. Schluffsteinen von grauer bis brauner Farbe mit vereinzelten Steinmergelzwischenlagen. Soweit die technischen Eigenschaften bekannt sind, dürften sie denen der Lehrbergschichten nahekommen. Die in der Regel mächtigen Sandsteinlagen erschweren den Abbau, so daß den Tonen des Schilfsandsteins als Lagerstätte eine untergeordnete Rolle zukommt: sie werden derzeit nur an einer Stelle bei Coburg gewonnen.

Stand 2000

Tone der Lehrbergschichten (924)

Die Schichten der Lehrbergstufe oder die Lehrbergschichten, die über dem Schilfsandstein einsetzen, bilden den obersten Abschnitt des Gipskeupers. Mit dem im Hangenden folgenden Blasensandstein beginnt bereits der Sandsteinkeuper. Das Ausstreichen dieses Schichtpaketes liegt am Fuße der Frankenhöhe, des Steigerwaldes und der Haßbergstufe und den darin eingeschnittenen Tälern, die meist nach Osten und Südosten die Lehrbergschichten erschließen. Für den Einzugsbereich der Donau sind dies die Täler der Wörnitz, Sulzach, Wieseth und Altmühl. Die von Westen dem Regnitzsystem zufließenden Flüsse wie Fränkische Rezat, Schwabach, Bibert, Zenn und Aurach haben diese Schichten noch weit im Osten, zum Teil (Schwabach, Bibert und Zenn) bis zum Rednitz-Regnitztal erschlossen.

Im Nordostbayerischen Bruchschollenland stehen die Lehrbergschichten nicht durchgehend an, ihr Ausbiß ist im Raum Rodach, Coburg, Kulmbach, Bayreuth,

Weiden immer wieder durch tektonische Störungen versetzt oder unterbrochen. Weiter nach Süden sind die Grenzschichten Gipskeuper – Sandsteinkeuper nur noch in kleinen Arealen nördlich Hirschau – Schnaittenbach und in der Bodenwöhrer Bucht anzutreffen. Die Mächtigkeit der Lehrbergstufe liegt westlich der Frankenalb allgemein zwischen 25 und 35 m, im Raum Kulmbach-Bayreuth sind 35–45 m zu beobachten, örtlich sind sogar über 50 m erbohrt worden.

Bei der Betrachtung dieses großen Verbreitungsgebietes im Hinblick auf die Verwendung als keramischer Rohstoff spielt die fazielle Entwicklung und Ausbildung eine wichtige Rolle.

Generell läßt sich eine grobe Dreigliederung durchführen: Die beckenrandnahe, überwiegend sandige Ausbildung ist an der Oberfläche nur noch wenig aufgeschlossen. Ihre Nordgrenze ist etwa durch die Linie Windsbach – Schwabach – Pressath gegeben. Im Gegensatz dazu besteht die Beckenfazies überwiegend aus dolomitischen Tonen, Schluffen und Mergeln, wobei Gipsführung bezeichnend ist. Ihre Südgrenze verläuft etwa auf der Linie Rothenburg o.d.T. – Scheinfeld – Bayreuth. Den für Lagerstätten grobkeramischer Rohstoffe günstigen Bereich bildet der Übergang dieser Faziestypen. In dieser Übergangszone sind einerseits die von Südosten her vorstoßenden Sandsteinschichten reduziert, andererseits die nach Nordwesten zunehmende Gipsführung noch kaum oder nicht ausgeprägt.

Ausbildung und Eigenschaften: Für die in der oben erwähnten faziellen Übergangszone auftretenden Gesteine ist eine Folge von rotbraunen teils auch grüngrauen, schwach dolomitischen schluffigen Schiefertonen charakteristisch, die von grauen, glimmerreichen, feinsandigen Schichten durchzogen werden. Unterbrochen wird dieser Aufbau vom sog. „Ansbacher Sandstein", der sich mit bis zu 4 m Mächtigkeit etwa 1,5–4 m über dem Schilfsandstein in die feinkörnigen Schichten einschiebt. Sein Hauptverbreitungsgebiet liegt im Raum Ansbach-Erlangen. Mit den sog. „Lehrbergbänken", die im oberen Bereich der Schichten gewöhnlich als hellgraue Steinmergel (15–30 cm) auftreten und zum Blasensandstein überleiten, wird die gewinnbare Mächtigkeit weiter eingeschränkt.

Der mineralogische Aufbau der als keramische Massen abbaufähigen Sedimente ist gekennzeichnet durch Illit und Muskovit sowie mäßigen Karbonatgehalt. Nach vorliegenden Untersuchungen sind die Hauptbestandteile Illit und Muskovit mit 52–72 Gew.-%, Quarz mit 10–30 Gew.-% und Feldspat mit 6–12 Gew.-%, Kaolinit ist nur in Spuren vertreten. Der Karbonatanteil (meist Dolomit) ist, wie die chemischen Analysen ausweisen, großen Schwankungen unterworfen und liegt in den tonig schluffigen Schichten bei ca. 2–10 Gew.-%. Aus mehreren Analysen ergaben sich für geglühte Substanz folgende Mittelwerte (Schwankungsbereiche) in Gew.-%:

SiO_2:58,4% (49,5–66,7); Al_2O_3:19,9% (16,7–24,0); Fe_2O_3:6,3% (4,2–8,2); CaO: 2,5% (0,3–5,2); MgO:3,4% (1,0–6,7); Na_2O:0,6% (0,3–1,1); K_2O:5,5% (3,7–6,8); Chloride und Sulfate in Spuren.

Der Korngrößenaufbau ist über ein größeres Schichtpaket relativ gleichmäßig, der Tonanteil $< 2\ \mu$ schwankt zwischen 20 und 40 Gew.-% und übersteigt nur in Ausnahmefällen in einzelnen Partien die 50%-Marke. Entsprechend den chemischen

und mineralogischen Zusammensetzungen verhalten sich die technischen Eigenschaften der Massen beim Einsatz in keramischen Rohstoffen. Der hohe Eisen- und Kaliumgehalt (Glimmer) bedingt einen relativ niedrigen Sinterpunkt von ca. 1030° C und setzt auch den Schmelzpunkt auf etwa 1100° C–1150° herab. Je nach Karbonatgehalt und Feinkörnigkeit können bei 1000° C Scherbenrohdichten über 1,9 bis ca. 2,4 g/cm^3 erreicht werden. Der S-Wert liegt bei dieser Brenntemperatur in der Regel um 0,50. Die mittlere lineare Trockenschwindung ergab aus 19 Messungen 5,7% (Max. 7,1%; Min. 3,9%). Bei größerem Feinkornanteil ist mit einer gewissen Trockenempfindlichkeit zu rechnen.

Gewinnung und Verwendung: Die aufgezeigten mineralogischen Eigenschaften lassen infolge des niedrigen Sinterpunktes auch bei mäßigem Karbonatgehalt die Herstellung frostsicherer Erzeugnisse (Dachziegel und Klinker) zu. Obwohl an einigen Proben eine geringe Verlangsamung der Brennschwindung über 1000° C nachgewiesen wurde, sind diese Sedimente zur Herstellung von Blähgranulat in der Regel nicht geeignet, da sie bei dem dafür erforderlichen scharfen Ausbrand zu schnell Schmolz bilden. Lediglich von einer Probe mit geringem Karbonatgehalt und einem Tonanteil von ca. 72% wird ein deutliches Blähverhalten über 1100° C in der Literatur beschrieben.

Für die Ziegel-, Dachziegel- und Klinkerherstellung werden diese Schichten bei Ansbach, Sommersdorf, Neustadt a.d. Aisch, Niederndorf, Langenzenn und in geringerem Umfang auch bei Coburg abgebaut. Langenzenn stellt dabei mit 3 großen Gewinnungsstellen und den dazugehörigen Werken einen Schwerpunkt dar.

Stand 2000

Tone des Blasensandsteins (925)

Die roten und grünen Tone und Schluffe, die den Sandsteinen des Blasensandsteins zwischenlagern und deren Mächtigkeit südlich des Mains maximal nur etwa 4 m beträgt, haben als Rohstoff für die Ziegelherstellung heute keine Bedeutung mehr. Im südlichen Verbreitungsgebiet ist in erster Linie die geringe Mächtigkeit und ihre meist begrenzte horizontale Ausdehnung dafür verantwortlich. Nördlich des Mains verdrängen die Tone des Blasensandsteins zwar weitgehend die Sandsteine, aber ihre knollenförmigen dolomitischen Zwischenlagen schließen einen großtechnischen Abbau aus.

Vor dem ersten Weltkrieg ging im Raum westlich Nürnberg, u.a. bei Zirndorf und Oberasbach ein reger Abbau in diesen Schichten um. Die an Illit und Glimmer reichen Tone dürften in den technischen Eigenschaften denen der Lehrbergschichten nahe kommen.

Tone des Coburger Sandsteins

Die örtlich im unteren Abschnitt des Coburger Sandsteins auftretenden Tone der Basisletten mit einer Mächtigkeit von selten über 1 m wurden früher im Raum Neustadt a.d. Aisch bei Unterstrahlbach und Oberulsenbach abgebaut. Nach heutigen Maßstäben sind sie u.a. wegen großer Ungleichmäßigkeit und Dolomitknollenführung nicht mehr als Lagerstätten für Ziegelrohstoffe zu betrachten.

Tone des Burgsandsteins (926)

In der bis zu 100 m mächtigen Sandsteinfolge des Burgsandsteins treten eine Reihe von Feinsedimentlagen als Tone und Schluffe der sog. Basis- und Zwischenletten auf, die bei größerer Mächtigkeit als Ziegelrohstoff von wirtschaftlichem Interesse sind. Die Mächtigkeit einzelner Lagen kann örtlich bis über 10 m anwachsen.

Diese Tone und Schluffe sind im Gegensatz zu den Lehrbergschichten und Tonen des Blasensandsteins häufig kalkarm bzw. kalkfrei. Der Kalk- und Dolomitgehalt ist überwiegend auf knollige Karbonatlagen beschränkt. Die mineralogische Zusammensetzung ist gekennzeichnet durch die Vorherrschaft von Illit und Glimmer, zu denen sich je nach Sandgehalt ein entsprechender Quarzanteil einstellt. Bemerkenswert ist das Auftreten von Montmorillonit und Kaolinit.

Aus 7 mineralogischen Analysen ergaben sich folgende Schwankungsbreiten in Gew.-%:

Quarz: 19,1–37,2%; Illit, Muskovit und Biotit: 25,7–61,6%; Kaolinit: 0–12,6%; Orthoklas: 5,8–22,1%.

Chemische Analysen erbrachten bezogen auf getrocknete Substanz:

SiO_2:49,0–60,0%; Al_2O_3:14,5–21,9%; Fe_2O_3:3,9–11,7%; CaO:0,6–0,8%; MgO:0–4,8%; K_2O:4,9–6,2%; Na_2O:0,7–1,6%; Glühverlust: 5,0–5,8%.

Nach vorliegenden Kornverteilungskurven sind die Feinsedimente relativ gut sortiert, der Tonanteil ($< 2\ \mu$) bewegt sich meist zwischen 15 und 40%.

Über die technischen Eigenschaften liegen nicht genügend Untersuchungen vor, um allgemeine Charakteristika dieses Gesteins geben zu können. Von Einfluß dürfte der Montmorillonit – und Kaolinitgehalt sein. Heute geht der Abbau auf diese Schichten bei Bamberg und Baunach um.

Ergänzend sei die Verwendung dieser Tone als „Walkerde" um die Jahrhundertwende erwähnt, die im Steigerwald, im Haßberggebiet und im Coburger Land eine gewisse Bedeutung erreichte und auf den Montmorillonitgehalt zurückzuführen ist.

Stand 2000

Feuerletten (927)

Über dem Burgsandstein folgen die bis zu 60 m mächtigen Feuerletten. Sie bestehen aus kräftig roten bis violetten, untergeordnet auch grünen Schluffen, tonigen Schluffen bzw. Schluffsteinen mit einzelnen sandigen Zwischenlagen. Der Tonanteil übersteigt nur in Ausnahmefällen 50%. Typisch für die Feuerletten sind die dolomitischen bis mergeligen Kalkknollen, die teils einzeln, teils in Lagen angereichert auftreten und dieser Schicht auch den Namen „Knollenmergel" eingebracht haben. Im Hangenden werden die Feuerletten von den Schichten des Rhät begrenzt. Die Grenzziehung, ursprünglich faunistisch begründet, später meist faziell verwendet, kann auch mineralogisch mittels der Tonmineral-Anteile begründet werden. Mancherorts liegt sie dann noch innerhalb des oberen Profilbereiches der deutlich roten Tone und ist im Gelände nicht oder nur schwer zu erkennen.

Die mineralogische Zusammensetzung ist gekennzeichnet von: Illit und Muskovit 27% (5–40%); Montmorillonit und Mixedlayer-Mineralen 20% (5–40%); Quarz und Feldspat 27% (10–60%); Karbonat 5% (0–10%); Kaolinit 10% (3–20%). Chemische Analysen erbrachten bezogen auf geglühte Substanz folgende Werte in Gew.-%:

SiO_2:45–60%; Al_2O_3:14–21%; Fe_2O_3:6–9%; CaO:2–11%; MgO:0–2%; K_2O:2–3%; Na_2O: ca. 2%.

Auf dieser Zusammensetzung basieren die technischen Eigenschaften, von denen besonders die starke Schwindung bis 200° C hervorzuheben ist. Die große lineare Trockenschwindung von 9–11% ist auf den hohen Anteil an quellfähigem Montmorillonit zurückzuführen. Die daraus resultierende Neigung zur Rißbildung beim Trocknen und im unteren Aufheizbereich ist ein Charakteristikum dieses Materials. Bei entsprechender Aufheizgeschwindigkeit ist an Proben einzelner Lagen Blähen zu beobachten.

Obwohl die Feuerletten entlang der Fränkischen Alb in ziemlich einheitlicher Ausbildung weit verbreitet sind, werden sie als Rohstoff für die Ziegelindustrie heute nicht mehr abgebaut.

Stand 2000

Tone des Oberen Keupers (Rhät) (928)

Am Rand der Nördlichen Frankenalb liegen zwischen dem Feuerletten und den marinen Liasschichten, die sehr wechselhaft, teils tonig, teils sandig ausgebildeten Schichten des Oberes Keupers oder Rhät, auch Rhät-Lias-Übergangsschichten genannt. Versuche, die Ton- und Sandsteinlagen, welche sich auf kurze Entfernung gegenseitig vertreten können und damit in ihrer Mächtigkeit stark schwanken, in einem für das Verbreitungsgebiet gültigen Profil zu erfassen, sind nur teilweise gelungen. Dies gilt nicht nur für die Zuordnung der einzelnen Schichten zu einem stratigraphischen Niveau, sondern auch für die Abgrenzung gegen das Liegende und Hangende. Die für den technischen Einsatz in der Keramikindustrie wichtige Grenze gegen den liegenden Feuerletten und die Liasschichten im Hangenden ist hier tonmineralogisch als Übergang von kaolinitischen zu illitischen Tonen zu ziehen. Nach dem derzeitigen Kenntnisstand läßt sich allgemein sagen, daß von Nordwesten nach Südosten die Tone versanden oder durch Sandsteine vertreten werden und etwa südöstlich in der Linie Bayreuth-Erlangen nur noch einen untergeordneten Anteil am Gesamtprofil des Rhät einnehmen.

Bei mächtiger Ausbildung der einzelnen Schichten ist örtlich ein „Oberer Sandstein" entwickelt, der in der Randfazies dem Gümbelschen Sandstein (Aquivalent der untersten Liasschichten) entspricht. Darunter folgen der Hauptton und Hauptsandstein (im Raum Erlangen Rathsbergschichten). Im Übergangsbereich zum Feuerletten treten dann nochmals Tone auf, die häufig bereits rotgefärbt sind, jedoch mineralogisch dem Rhät zuzurechnen sind. Die exakte Grenzziehung an Hand von Geländebefunden ist deshalb kaum möglich.

Ausbildung und Eigenschaften: Die Verbreitung der in Mächtigkeit und lateraler Ausdehnung sehr unterschiedlichen Tonhorizonte läßt

sich in der Regel nur durch Aufschlüsse oder Bodensondierungen erkunden. Die geologische Erfahrung gibt lediglich den Hinweis auf ein bevorzugtes Auftreten unter dem Oberen Sandstein und im Übergangsbereich zum Feuerletten. Mächtigkeiten von 2–4 m sind häufig, dagegen sind geschlossene Tonschichten ohne Sandzwischenlagen von 6–8 m selten, solche über 10 m die Ausnahme. Mächtigkeiten von mehr als 20 m sind bisher nur aus einzelnen Bohrungen bekannt (z.B. Bohrung Hochstadt II, Blatt 5833 Burgkunstadt). Die Farbe dieser Sedimente ist meist dunkelgrau bis schwarz, es kommen aber auch hellgraue, grüngraue, hellbraune, hellrote und sogar fast weiße Schichten vor; kräftig rote bis violette Farbtöne sind bevorzugt im Grenzbereich zum Feuerletten zu beobachten. Die schiefrig bis bröckelig brechenden Tone führen häufig kohlige Beimengungen, kleine Pyritkonkretionen sowie kleinere Limonit- und Toneisensteinknollen. Der Quarzanteil, der zum überwiegenden Teil als Sand und Grobschluff vorliegt, ist bestimmend für die Korngrößenverteilung in diesen Sedimenten. Quarzarme Tone bestehen bis ca. 70% aus Komponenten mit Korngrößen $< 2\ \mu$. Mit dem Ansteigen des Quarzgehaltes leiten dann sandige Tone über tonige Sande zum Sandstein über.

Der für den Einsatz dieser Tone in keramischen Massen wichtigste Faktor ist die mineralogische Zusammensetzung. Gegenüber allen anderen Tonschichten der unterlagernden Trias sowie des überlagernden Jura unterscheiden sich die Rhättone durch den hohen Kaolinitgehalt. Kaolinit mit ca. 55–65%, Quarz mit 20–30% sind die Hauptbestandteile des Tons. Nebengemengteile sind Muskovit, Illit, in einzelnen Proben Montmorillonit und Eisenminerale. Karbonate fehlen. Der Anteil an Alkalien ist gering und liegt nur im Bereich von 1%. Stärkeren Schwankungen unterliegt der Eisengehalt, der je nach Ablagerungsmilieu sulfidisch als Pyrit und Markasit oder oxidisch als Hämatit und Goethit vorliegt. Im Normalfall können Fe_2O_3-Gehalte von 1,5–4,5% nachgewiesen werden, Gehalte über 10% sind als Ausnahme zu sehen. Die daraus abzuleitende Feuerfestigkeit und der hohe Schmelzpunkt von über 1650° C sind die typischen Eigenschaften dieser Tone. Noch bei Brenntemperaturen von 1200° C zeigt der Scherben eine Wasseraufnahme von 2–4%. Die Brennfarbe ist gewöhnlich hell, bei Fe_2O_3-Gehalten unter 3% herrschen weiße bis beige Farbtöne vor; steigen diese Gehalte auf 3,5–4,5%, so erhält man bei ca. 1000° C hellbeige Farben, die bei Temperaturen von 1100°–1200° C in hellbraune Farben übergehen. Rotbrennend werden die Massen erst mit einem Anteil von ca. 7% Fe_2O_3. Die lineare Trockenschwindung liegt je nach Anteil der Tonsubstanz bei ca. 6–8%, die Gesamtschwindung bei ca. 11–13,5% bezogen auf eine Brenntemperatur von 1200° C.

Gewinnung und Verwendung: Durch die sehr wechselhafte Lagerung der Tonschichten ist die wirtschaftliche Gewinnbarkeit stark eingeschränkt. Obwohl weit verbreitet, sind Tone mit größerer durchgehender Mächtigkeit, quarzarmer Qualität, störungsfreier Lagerung und geringer Abraummächtigkeit nur an wenigen Stellen – meist nur durch intensive Bohrprospektion – aufzufinden. Derzeit geht der Abbau auf diese Tone um bei Großbellnhofen, Muggenbach, Ebersdorf, Großheirath und Pechgraben.

Eingesetzt werden die Rhättone in Steingutmassen für Wandplatten, Ofenkacheln, Sanitärartikel, Geschirr, Fußboden- und Spaltplatten, Verblendsteine, Schleifscheiben, Kapseln, Steinzeugrohre und als Zuschlagstoffe zur Aufbesserung

von Ziegelmassen. Dabei sind vor allem die Gehalte an Al_2O_3 und Fe_2O_3 für die verschiedenen Produkte maßgebend (Kapselton: Al_2O_3:24–30%, Fe_2O_3:bis ca. 3%; Röhrenton: Al_2O_3: ca. 28%; Plattenton: Al_2O_3: ca. 29%; Magerton: Al_2O_3:29–31%, Fe_2O_3: bis ca. 8%; Steinzeugton: Al_2O_3:32–40%, Fe_2O_3:2–4%, Schamotteton: Al_2O_3:34–42%, Fe_2O_3:1,5–2,5%).

V o r k o m m e n : Die Schichten des Rhät bzw. Rhätolias setzen am Albrand bei Hilpoltstein mit sandiger Fazies ein und ziehen sich hin bis in den Bereich Röthenbach a.d. Pegnitz. Im Raum Erlangen nimmt die tonige Fazies überhand, die sich dann nach Norden mit Schichten unterschiedlicher Tonmächtigkeit über Forchheim, Bamberg, Baunach, Ebern, Seßlach bis in den Raum Coburg verfolgen läßt. Auch am Ostrand der Fränkischen Alb finden sich neben mächtigen Sandsteinen tonige Rhätschichten, die von der Umgebung Coburgs über Burgkunstadt und Kulmbach bis nach Bayreuth ziehen und an den Hängen der Täler von Baunach, Itz, Rodach und Main ausstreichen. Zwischen Bayreuth und Creussen lagern nur noch wenige Meter mächtige Tone zwischen den Sandsteinen bzw. an deren Basis. Wenige Kilometer südlich Creussen keilen die Rhätschichten aus. Die bei Amberg und Sulzbach-Rosenberg und zwischen Schwandorf und Bruck i.d.Opf. ausstreichenden Rhätschichten führen nur geringmächtige Tonlagen und -linsen.

Stand 2000

Tone und Mergel des Lias Alpha-Gamma (929)

Mit Beginn der Jurazeit macht sich in Nordbayern der Einfluß eines nach Süden vordringenden Meeresarmes durch zunehmende Sedimentation von Tonen und Mergeln bemerkbar. Jedoch ist der Anteil mariner Beckenablagerungen im Lias-Alpha (Psilonoten-, Angulaten- und Arietenschichten) noch gering. In der südlichen Frankenalb kam es während dieser Zeit höchstens zu sandiger Sedimentbildung. Erst in der nördlichen Frankenalb sind Tone und Mergel geringer Mächtigkeit im Wechsel mit Sandsteinen zu finden. Typische Bildungen einer Beckensedimentation mit dunklen Tonen und Mergeln zeigen sich erst im Lias-Beta. Ihre Mächtigkeit nimmt von mehr als 30 m in den nördlichen Ausläufern der Frankenalb nach Süden zuerst langsam ab, um sich dann etwa auf der Linie Creussen-Gräfenberg rasch auf wenige Meter zu reduzieren. In der südlichen Frankenalb erreicht der Lias-Beta nur noch 1–3 m Mächtigkeit. Die Schichten des Lias-Gamma, deren Mächtigkeit in der nördlichen Frankenalb etwa zwischen 4 m und 8 m schwankt, sind im südlichen Verbreitungsgebiet zwischen Wassertrüdingen und Neumarkt/Opf. nur 1–3 m mächtig vertreten; sie sind durch hohen Kalkgehalt der Feinsedimente (Kalkmergel) gekennzeichnet.

Eine wirtschaftliche Nutzung dieser Gesteine kommt nur dort in Frage, wo sie eine Mindestmächtigkeit von mehreren Metern aufweisen, frei sind von störenden Zwischenlagen und nur mäßig Karbonat führen.

Über die chemische und mineralogische Zusammensetzung liegen nur wenig Untersuchungsergebnisse vor, so daß Angaben technischer Charakteristika nicht möglich sind. Nach dem derzeitigen Kenntnisstand vollzieht sich im Grenzbereich Keuper-Lias ein Wechsel von vorwiegend kaolinitischen zum illitischen Tonmineralbestand sowie eine Zunahme des Karbonatgehaltes gegen das Hangende. Eine

Vormachtstellung der glimmerhaltigen Minerale in den Feinsedimenten wird erst mit dem Vordringen des Meeres im Lias deutlich. Aufgrund der gegenüber den Rhättonen veränderten Mineralogie sind Feuerfestigkeit und Schmelzpunkt herabgesetzt. Daher werden diese Tone auch als Klinkertone bezeichnet.

Abbaufähige Vorkommen ziehen sich am Rand der Nördlichen Fränkischen Alb entlang und werden auch von den tiefer eingeschnittenen Tälern des Mains und seiner nördlichen Zuflüsse freigelegt.

Abbaubetriebe bestehen bei Großbellhofen, Schnaittach, Großheirath, Ebersdorf und Rödental.

Stand 2000

Amaltheenton (Lias Delta) (930)

Die Feinsedimente des Lias Delta – auch Amaltheenton genannt – bilden die mächtigste Schicht innerhalb des Lias. Dieser Horizont ist aufgebaut aus einheitlichen Sedimenten eines marinen Beckens. Die Mächtigkeiten liegen im Raum Bayreuth bei ca. 40 m (z.B. Bohrung Obernsees, Blatt 6034 Mistelgau: 39 m), im nördlichen Franken bei 25–55 m (z.B. Blatt 5833 Burgkunstadt: 40–45 m, Blatt 5831 Seßlach: ca. 55 m) im südlichen Franken bei 25–30 m und gehen in der Oberpfalz (z.B. Bohrung Eschertshofen, Blatt 6635 Lauterhofen: 21 m) nach Südosten immer stärker zurück und erreichen in der mittleren Oberpfalz nur noch wenige Dezimeter.

Ausbildung und Eigenschaften: Das Gestein ist einförmig grau bis dunkelgrau und als blättriger, schiefriger Tonstein und Schluffstein bzw. mergeliger Ton- und Schluffstein ausgebildet. Der Anteil des Tons (< 2 µ) schwankt im allgemeinen zwischen 15 und 55%, der Anteil der Fraktion 2–20 µ liegt häufig über 50%. Diesen Sedimenten sind örtlich in größerem Umfang Toneisensteine und Mergelkalkknollen bis zu Dezimetergröße eingelagert. Die tonmineralogische Zusammensetzung zeigt eine typische marine Ausprägung mit vorherrschend Illit/Muskovit mit ca. 60% (40–80%), daneben Kaolinit ca. 13% (3–30%), Quarz ca. 11% (5–20%) und Karbonate ca. 5% (2–15%). An der Oberfläche liegende Bereiche sind häufig auch sekundär entkalkt. Im Hinblick auf die technischen Eigenschaften sind die organischen Bestandteile mit ca. 1–2%, Gips mit ca. 0,5% und Pyrit in geringen Mengen von Wichtigkeit. Daraus ergeben sich die Hauptbestandteile der chemischen Analyse in Gew.-% (geglüht) zu:

SiO_2:50–56%; Al_2O_3:22–24%; Fe_2O_3:5–9%.

Das Verhältnis CaO: MgO liegt bei niedrigen Karbonatgehalten bei 1 : 1, bei mittleren Gehalten bei 2 : 1 und höher.

Bezeichnende technische Eigenschaften sind eine mittlere lineare Trockenschwindung von ca. 8% und die hohe Brennschwindung von ca. 5% (bei 960° C), die ihre Ursache im hohen Feinkornanteil (Ton und Schluff) hat. Das Material muß daher durch Zusätze entsprechend gemagert werden. Trotz der Feinkörnigkeit zeigt es auf Grund des Muskovitanteils nur geringe Trockenempfindlichkeit. Die Wasseraufnahme des gebrannten Scherbens, dessen Rohdichte sich um 2,0 g/cm^3 bewegt, liegt knapp über 10%. Bei geringen Gipsgehalten treten Trockenausblühungen als helle Beläge insbesondere bei Vollsteinen auf, die aber die Materialeigenschaften des Scherbens nicht beeinträchtigen.

Gewinnung und Verwendung: Eine charakteristische Eigenschaft dieses Materials ist die Neigung zum Blähen. Diese bei der Ziegelproduktion unerwünschte Eigenschaft muß durch entsprechende Feuerführung unterdrückt werden. Dagegen wird dieser Vorgang bei der Herstellung von Blähgranulat – wozu sich das Material vorzüglich eignet – durch entsprechende Behandlung ausgenützt. Die Blähfähigkeit liegt unter anderem im günstigen Verhältnis von Flußmitteln zu den organischen Bestandteilen. Derzeitige Gewinnungsstellen befinden sich bei Forchheim, Ludersheim, Spardorf und Weißenburg.

Vorkommen: Je nach Mächtigkeit und Hangneigung folgt der Amaltheenton dem Jurarand mit einem Ausbiß von wenigen Zehnermetern bis etwa 2 km Breite. Im oberpfälzer Raum beginnt zwischen Sulzbach-Rosenberg und Amberg eine starke Mächtigkeitsverringerung von ca. 17 m auf wenige Dezimeter, so daß er von hier nach Süden als Rohstoffvorkommen keine Rolle mehr spielt.

Stand 2000

Tone des Lias Zeta (931)

Die ca. 1–7 m mächtigen Schichten des Lias Zeta (Jurensis-Mergel), die in ihrem Ausstreichen den Fuß der gesamten Frankenalb umsäumen, bestehen überwiegend aus mittelgrauen, dunkelgrauen, graugrünen oder gelblich verwitternden mergeligen Ton-, Mergel- und Kalkmergelsteinen. Untergeordnet kommen dünne Kalksteinlagen vor. Die Gesteine führen örtlich organischen Kohlenstoff von über 1% und können Pyritkonkretionen enthalten. Die in der nördlichen Frankenalb mit ca. 4–7 m durchschnittlich etwas mächtiger ausgebildeten Schichten nehmen nach Süden auf wenige Meter ab, sind jedoch in ihrem gesamten Ausbiß in Beckenfazies, d.h. nicht sandig ausgebildet.

Über die technischen Eigenschaften ist wenig bekannt. Da diese Schichten jedoch makroskopisch kaum vom überlagernden Opalinuston zu unterscheiden sind, können auch bezüglich ihrer Verwendbarkeit als Ziegelmasse ähnliche Eigenschaften erwartet werden.

Abgebaut werden die Mergel in geringem Umfang zusammen mit dem Opalinuston bei Mistelgau.

Opalinuston (Dogger Alpha) (932)

Die Feinsedimente des Dogger Alpha gehören neben den Sandsteinen des Dogger Beta zu den wirtschaftlich bedeutenden Gesteinen des Mittleren oder Braunen Jura. Ihr Verbreitungsgebiet folgt bandartig dem nördlichen, westlichen und östlichen Anstieg der Fränkischen Alb. Am Südrand der Alb treten diese Gesteine durch das allgemeine Abtauchen der Schichten nach Südosten nicht mehr an die Oberfläche. Das unter marinen Bedingungen abgelagerte Sedimentpaket zeigt in der Umgebung des Rieses und im Nordwesten des Verbreitungsgebietes bei Staffelstein die größte Mächtigkeit, z.B. in der Bohrung Daiting 1 (Blatt 7231 Genderkingen) 83 m und auf Blatt 5931 Ebensfeld ca. 90 m. Nach Osten und

Südosten verringert sie sich und erreicht in den Bohrungen Eschertshofen (Blatt 6635 Lauterhofen) 71 m und Kallmünz (Blatt 6837 Kallmünz) 43 m. Bei Regensburg werden nur noch ca. 20 m angetroffen.

Das Schichtpaket ist weitgehend aus eintönigen, dunkelgrauen, plattigen, von Toneisensteingeoden durchsetzten mergeligen Tonsteinen und Tonmergelsteinen aufgebaut, die bei der Verwitterung plastische Eigenschaften annehmen. Der Übergang zu den liegenden Schichten des Lias Zeta ist petrographisch ohne scharfe Grenze, wie auch zum Hangenden durch zunehmende Einschaltungen von sandigen Lagen ein fließender Übergang zum Sandstein des Dogger Beta besteht. Bezüglich der Korngröße überwiegt in vielen Fällen der Schluffanteil (2 µ–63 µ). Nur selten steigt der Tonanteil (< 2 µ) knapp über 50%, in der Regel liegt er zwischen 20% und 50%.

Die mineralogische Zusammensetzung ist geprägt durch das Vorherrschen der Minerale Illit und Muskovit mit ca. 60–70%, daneben treten mit Anteilen von 5–30% Kaolinit, Quarz und Karbonate auf.

In geringen Mengen (< 3%) sind Feldspat, Gips, Pyrit und organischer Kohlenstoff (1–2%) beteiligt. 13 chemische Analysen ergaben folgende Mittelwerte (Minimal- und Maximalwerte) der wichtigsten Bestandteile in Gew.-% (getrocknete Substanz):

SiO_2:49,5% (42,4–57,4); $Al_2O_3 + TiO_2$:23,1% (20,2–26,8); Fe_2O_3:8,0% (6,9–9,6); CaO:3,7% (0–8,8); MgO:2,1% (1,4–3,1); Glühverlust: 11,6% (9,4–13,8); Rest: Alkalien und Mangan.

Kennzeichnend für die an der Oberfläche ausstreichenden Schichten ist ihre Armut an $CaCO_3$, das bis in eine Tiefe von mehreren Metern fast völlig herausgelöst sein kann, während $MgCO_3$ nur in geringen Mengen gelöst und abgeführt wurde. In den durch die Verwitterung unbeeinflußten Schichten beträgt das Verhältnis CaO:MgO etwa 2,5:1 bis 3,5:1.

Aus der mineralogischen Zusammensetzung ergeben sich die technischen Eigenschaften. So zeigen die quarzreicheren Massen eine lineare Trockenschwindung um 5,5%, die quarzärmeren eine solche von über 6%. Die Brennschwindung beträgt bei 1000° C bei mittlerem Karbonatgehalt ca. 5–6%. Besonders hervorzuheben ist die Eigenschaft des Materials, bei bestimmter Aufheizgeschwindigkeit zu blähen, was unter anderem auf den Gehalt von organischer Substanz zurückzuführen ist.

Obwohl der Opalinuston eine weite Verbreitung und relativ gleichmäßige Ausbildung aufweist, werden die Vorkommen nur verhältnismäßig wenig genutzt. Störend bei der Materialaufbereitung wirken die häufig auftretenden harten und plattigen Toneisensteingeoden. Außerdem neigen diese Schichten besonders bei stärkerer Durchfeuchtung zu großflächigen Hangrutschungen, so daß Böschungswinkel und Abbautechnik entsprechend angepaßt werden müssen. Verwendet werden diese Rohstoffe in Ziegel- und Dachziegelherstellung sowie bis vor kurzem auch zur Herstellung von Blähgranulat. Gewinnungsstellen befinden sich bei Thalmässing, Gräfenberg, Mistelgau, Schönlind und Hetzles.

Stand 2000

Mergel des Dogger Delta und Epsilon

Die grauen bis rötlichbraunen, sandigen, oolithischen Tonmergel und Mergelsteine folgen dem Fuß der Frankenalb. Ihre Mächtigkeit nimmt von wenigen Dezimetern im Süden auf ca. 20 m im Norden zu. Stellenweise sind die Sedimente reich an Brauneisenoolden. Sie werden gelegentlich zusammen mit dem Ornatenton als Zuschlag bei der Zementherstellung eingesetzt.

Die Mittelwerte mehrerer chemischer Analysen aus dem Steinbruch bei Sengenthal ergaben bezogen auf getrocknete Substanz folgende Werte in Gew.-%:

Dogger Delta:
SiO_2:27,3%; Al_2O_3:5,8%; Fe_2O_3:10,2%; CaO:18,1%; MgO:7,2%; K_2O:1,5%;
Glühverlust: 26,2%.

Dogger Epsilon:
SiO_2:28,5%; Al_2O_3:12,5%; Fe_2O_3:11,9%; CaO:13,1%; MgO:4,3%; K_2O:3,1%;
Glühverlust:21,3%.

Ornatenton (Dogger Zeta) (933)

Am Albrand folgt über dem Steilanstieg des Dogger Beta die Verebnungsfläche des Mittleren und Oberen Dogger, die dann zum erneuten Steilanstieg der Malmkalke überleitet. Der die Malmbasis bildende Ornatenton (Dogger Zeta) ist als Zuschlagmaterial für die Zementherstellung von Bedeutung. Die Mächtigkeit ist sehr unterschiedlich und beträgt z.B. am Hesselberg 0,6 m, bei Staffelstein ca. 9 m. Bereichsweise kann diese Schicht auch fehlen. Während die Dogger-Malm-Grenze relativ deutlich hervortritt, ist die Grenze gegen das Liegende (Dogger Epsilon) biostratigraphisch definiert und petrographisch selten eindeutig faßbar. Die als Ornatenton bezeichnete Schicht besteht aus grauen, grüngrauen bis braunen, bröckeligen Tonmergel- und Mergelsteinen mit unregelmäßigen Einlagerungen von Phosphoritkonkretionen. Die plattigen Mergelsteine sind teilweise auch sandig und haben auf den Schichtflächen Glimmerblättchen angereichert. Neben Quarz und Karbonat bilden Muskovit, Illit und Glaukonit den Hauptmineralbestand, während Kaolinit nur in geringer Menge auftritt.

Als Mittelwerte mehrerer chemischer Analysen aus dem Steinbruch bei Sengenthal (getrocknete Substanz) ergaben sich in Gew.-%:

SiO_2:47,4%; Al_2O_3:12,1%; Fe_2O_3:5,8%; CaO:8,6%; MgO:3,9%; K_2O:4,0%;
Glühverlust:15,4%.

Der Abbau bietet sich dort an, wo die Schichten als Liegendes der Malmkalke mitgewonnen werden können wie in den großen Steinbrüchen von Sengenthal und Hartmannshof. Hier betragen die Mächtigkeiten ca. 4–5 m. Ein gesonderter Abbau wird durch eine sehr mächtige Malmüberlagerung, sei es als anstehender Kalk oder als mehrere Meter mächtige Hangschuttdecke, verhindert.

Mergel des Malm Alpha

Die über der Malmbasis auftretenden Mergel des Malm Alpha werden zusammen mit den hangenden Mergelkalken und Kalken als Zementrohstoff verwendet. Sie sind unter Nr. 521 behandelt.

Zementmergel (Malm Zeta) (934)

Im Übergangsbereich von Fränkischer Alb zur Schwäbischen Alb finden sich zwischen den Schichten der Unteren und Hangenden Bankkalke des Malm Zeta mehrere Zehnermeter mächtige Mergelschichten, die sogenannten Zementmergel. Diese Mergel mit einem $CaCO_3$-Gehalt von ca. 50% und einem $MgCO_3$-Gehalt von über 10% können nicht mehr als keramische Rohstoffe im eigentlichen Sinne angesprochen werden. Glimmer und Illite sind die vorherrschenden Tonminerale, Montmorillonite treten diesen gegenüber zurück, Kaolinite sind nicht oder nur in geringer Menge nachweisbar. Die unteren Lagen dieser Schichten werden bei Oberbechingen abgebaut und kalkfreien Ziegelmassen im geringen Umfang zugeschlagen.

Ehenfelder Ton (935)

Bei Ehenfeld, nördlich Hirschau, sind in die terrestrischen Sedimente der Oberkreidezeit Tonlagen von wechselnder Mächtigkeit (0,5–4 m) eingeschaltet. Die mit Quarz-Feldspatsandsteinen wechsellagernden weißgrauen bis bunten Tone enthalten als Tonmineral überwiegend Kaolinit. Der Kaolonit ist sowohl Verwitterungs- und Abtragungsprodukt des kristallinen Grundgebirges, als auch in situ aus Feldspäten hervorgegangen.

Wichtig für die keramische Industrie war in erster Linie nicht der Ton, sondern vielmehr ein Sand-Ton-Gemisch, denn der Quarz in diesen Schichten hat die Eigenschaft, beim Brennen fast vollständig in Cristobalit überzugehen (ab 1.000° C Umwandlung von Quarz in α-Cristobalit unter Volumenzunahme von 15,4%). Durch Zusatz dieses Materials können keramische Massen in ihrer Schwindung entsprechend beeinflußt werden.

Die chemische Analyse eines sandreichen Tones ergab bezogen auf getrocknete Substanz in Gew.-%:

SiO_2:76,9%; Al_2O_3:16,8%; Fe_2O_3:0,4%; TiO_2:0,3%; CaO:0,1%;
MgO:0,1%; Na_2O:0,1%; K_2O:0,4%; Glühverlust: 5,1%.

Der Tiefbau, der früher bei Ehenfeld auf 5 bauwürdige Tonflöze umging, ist heute ebenso eingestellt wie der Abbau in der Ziegelgrube bei Schlicht.

Riggauer Ton

Ähnlich dem Ehenfelder Ton kommen bei Riggau (Blatt 6237 Grafenwöhr) in einer 130 m mächtigen Ton-Sandstein-Wechselfolge kreidezeitliche bunte, kaolinitische Tone mit maximalen Mächtigkeiten der einzelnen Lagen von 0,5–2,5 m vor.

Chemische Analyse der getrockneten Substanz in Gew.-%:

SiO_2:61,9%; Al_2O_3:25,3%; Fe_2O_3:1,3%; CaO:0,3%; MgO:0,6%; K_2O:2,5%;
Glühverlust: 8,2%. (Feuerfestigkeit: SK 30).

Die früher im Schachtbau betriebene Gewinnung ist seit 1969 eingestellt.

Tone der Albüberdeckung (Kreide)

Neben den tertiären Verwitterungslehmen finden sich auf der Südlichen Frankenalb örtlich kleinere Tonvorkommen, die nach heutiger Kenntnis wahrscheinlich kreidezeitlicher Entstehung sind. Die meist in ein Malmrelief eingelagerten Feinsedimente sind eng begrenzt und häufig mit sandigen Schichten wechsellagernd. Die teilweise feuerfesten Tone wurden früher unter anderem als Kapselerde und Steingutton verwendet. Gewisse Bedeutung hatten die Vorkommen bei Hemau und Beratzhausen. Auch die Tongruben zwischen Winden (Windener Tegel), Bitz, Sandersdorf und Zandt lieferten guten Töpferton. Wohl am bekanntesten sind die Gruben bei Pollenfeld, Wörmersdorf und Möhren, in denen der Ton für die berühmten Treuchtlinger und Dietfurter Töpferwaren gewonnen wurde.

Übrige Tone und Mergel der Kreide

Tonvorkommen von geringer Ausdehnung und Mächtigkeit in anderen Kreidesedimenten (z.B. Schutzfelsschichten, Michelfelder Schichten) sowie die Kreidemergel (z.B. Weilloher Mergel, Eibrunner Mergel) wurden – soweit bekannt – wirtschaftlich nicht genutzt und sind lagerstättenkundlich von untergeordneter Bedeutung. Lediglich bei Regensburg (Tremmelhausener Höhe) wurden früher kalkarme und plastische Tone in einer Anzahl kleiner Gruben als Töpfertone gewonnen, die den Pulverturmschichten zuzurechnen sind.

Tone, Mergel und Lehme des Tertiärs

Mergel der Oberen Meeresmolasse (940)

(Albert Dobner)

Die größte Verbreitung an der Oberfläche erreichen die sonst weitgehend von jüngeren Süßwassersedimenten überlagerten Feinsedimente des letzten Meeresvorstoßes in das Molassebecken nördlich der Alpen im südöstlichen Niederbayern. Als Rohstoff für die Ziegelherstellung finden die sog. Neuhofener Schichten und die Blättermergel Verwendung. Von den Neuhofener Schichten, die in diesem Raum über 200 m Mächtigkeit erreichen, sind nur maximal 30 m aufgeschlossen. Die Blättermergel, die im engen Verband mit Glaukonitsanden auftreten können, errreichen eine Mächtigkeit von 20–30 m.

Ausbildung und Eigenschaften: Die Neuhofener Schichten bestehen aus grauen, glimmerführenden, schluffigen Mergeln mit vereinzelten Feinsandlagen. Die Blättermergel sind gekennzeichnet durch dünne blättrig absondernde Mergellagen von grauer bis graugrüner Farbe. Der Übergang von Neuhofener Schichten zum Blättermergel ist selbst dort wo sie direkt übereinander-

lagern nicht immer deutlich. Er ist insbesondere dort schlecht zu fassen, wo das Gefüge durch die Verwitterung beeinflußt ist. Ein Charakteristikum dieser Schichten ist der hohe Karbonatgehalt, der in unverwitterten Schichten bei 15–25%, zum Teil auch über 25% liegt. Gesteinspartien, die an exponierten Stellen der Verwitterung ausgesetzt sind, können auch karbonatarm bis karbonatfrei (< 0,5%) sein. Bemerkenswert ist ein örtlich relativ hoher Anteil an $MgCO_3$.

Betrachtet man die Korngrößenverteilung der an der Oberfläche ausstreichenden Schichten, ist eine Vergröberung vom Liegenden zum Hangenden festzustellen. Der die plastischen Eigenschaften bestimmende Tonanteil (< 2 µ) schwankt zwischen ca. 10 und 45%, wobei im allgemeinen Sedimente mit geringerem Tongehalt wie die Blättermergel bereits einen Sandanteil (> 0,06 mm) von 20–40% aufweisen. Das Maximum der Korngrößen liegt im Schluffbereich. Mit zunehmender Versandung (Glaukonitsande) sind auch ihrer technischen Verwendung Grenzen gesetzt.

Neben dem in den groben Fraktionen in unterschiedlicher Menge auftretenden Quarz finden sich in der Tonfraktion überwiegend die Minerale der Montmorillonitgruppe und Illite, daneben etwas Chlorit und nur untergeordnet Kaolinit.

Aus obengenannter Zusammensetzung ergeben sich die technischen Eigenschaften dieser Rohstoffe. Die Trockenschwindung ist mit ca. 5–7%, die Brennschwindung bei karbonatreichem Material mit ca. 1% (Brenntemperatur 1000° C), bei den karbonatärmeren Massen zwischen 2% und 5% anzusetzen. Entsprechend größer ist auch die Wasseraufnahme des Scherbens bei höherem Karbonatgehalt. Die Brennfarbe wird bei hohem Karbonatgehalt stark aufgehellt, so daß trotz eines Eisengehaltes von ca. 5% (Fe_2O_3) cremefarbige, hellbeige bis hellbraune Farbtöne vorherrschen.

G e w i n n u n g u n d V e r w e n d u n g: Obwohl die Mergel der Oberen Meeresmolasse im südöstlichen Niederbayern weite Verbreitung haben, sind ihrer Gewinnung als Ziegelrohstoff Grenzen gesetzt. So können neben dem gehäuften Auftreten von Sandlagen auch hoher Karbonatgehalt, insbesondere wenn er in Konkretionen oder in verfestigten Lagen vorkommt, den Einsatz als Ziegelmassen unmöglich machen. Daneben kann es bei hohen Magnesiumgehalten zu Ausblühungen kommen.

Derzeitige Abbaue befinden sich bei Fürstenzell, Höhenmühle und Oberschwärzenbach.

V o r k o m m e n: Die Verbreitung der Neuhofener Schichten beschränkt sich auf den Taleinschnitt der unteren Rott ab Karpfham und ihrer nördlichen Zuflüsse bis in den Raum Ortenburg-Fürstenzell. Die Blättermergel zeigen auf Grund ihrer Höhenlage eine größere Verbreitung und ziehen an den Hängen bis Birnbach und nach Nordwesten bis in den Raum Aidenbach.

Die Sedimente der Oberen Meeresmolasse, die am Südrand der Schwäbischen Alb und im Bereich der Faltenmolasse ausstreichen, sind überwiegend sandig ausgebildet und stärker verfestigt, so daß sie keine abbauwürdigen Lagerstätten von Ziegelrohstoffen enthalten.

Mergel der Oberen Süßwassermolasse (941)

(ALBERT DOBNER)

Nach dem endgültigen Meeresrückzug aus dem Molassebecken wurden die limnisch-fluviatilen Sedimente der Oberen Süßwassermolasse im gesamten Molassebereich abgelagert. Nach heutiger Kenntnis kam dieser letzte große Sedimentstrom in mehreren Phasen (Nördlicher Vollschotter, Südlicher Vollschotter, Hangendserie) aus dem Südosten. Von dort erstreckte sich ein weit ausgreifendes Flußsystem nach Nordwesten und bog dann etwa südlich Landshut nach Westen um. Nach Norden reichen diese Ausläufer alpiner Schüttung bis in den Raum südlich Regensburg, stellenweise überdecken sie noch die Fränkische Alb. Mit nachlassender Transportkraft des

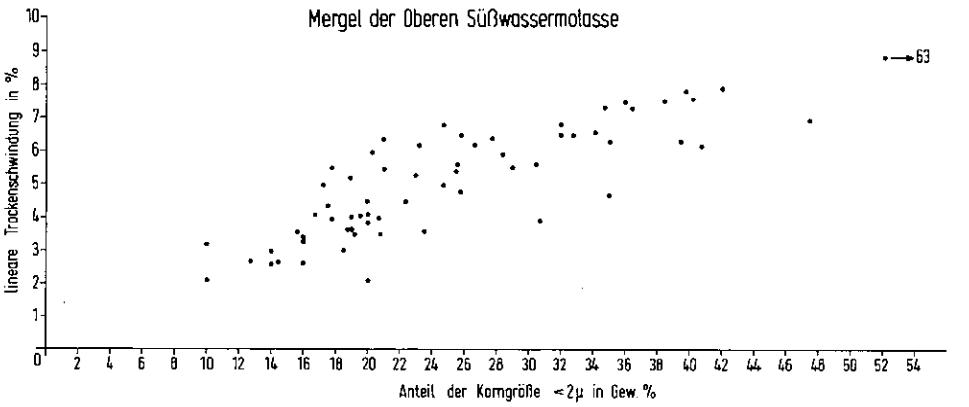


Abb. 5 Beziehung zwischen linearer Trockenschwindung und dem Tonanteil (Korngröße < 2 µ)

Flusses gegen den Beckenrand im Norden und nach Westen zu kamen immer feinerkörnige Sedimente zur Ablagerung. Nicht nur der Feinkornanteil, sondern auch die Ausdehnung und Mächtigkeit der Feinsedimentlagen nahm zu. Das Spektrum der Sedimente reicht von Grobkiesen bis zu Tonen, die sich oft horizontal verzahnen oder ineinander übergehen, vertikal sind sie gekennzeichnet durch Wechsellagerung von Fein- und Grobsedimenten und bereichsweise gradierter Schichten. Häufig greifen die Sedimentlagen auch rinnenartig ineinander. Die Mächtigkeit der Feinsedimentlagen schwankt von cm-Bereich bis über 10 m.

Ausbildung und Eigenschaften: Die Feinsedimente, in denen die Fraktion > 0,2 mm untergeordnet auftritt, sind in der Regel dunkel- bis hellgrau, nur örtlich herrschen auch Brauntöne vor. An Hand der vorliegenden Korngrößenanalysen (Abb. 3) zeigt sich, daß diese Feinsedimente – betrachtet man einen Profilbereich von über einen Meter – etwa einen Tonanteil (Korngröße < 2 µ) von 10–40% aufweisen; nur selten übersteigt diese Fraktion 50%. Der Übergang zum Sand ist fließend. Für die Verwendung als Ziegelrohstoff darf der Anteil an Grobkorn > 20 µ nicht mehr als 70% betragen (Abb. 4).

Hinsichtlich der technischen Verwertbarkeit als Rohstoff für die Ziegelherstellung ist hier neben dem Sandgehalt als entscheidender Faktor der Anteil an Karbonaten (Calcit und Dolomit) und deren Verteilung und Ausbildung im

Sediment anzuführen. Allgemein gültige Grenzwerte und exakte Kennzahlen zum Karbonatgehalt der Mergel sind nicht bekannt. Ursache dafür ist, daß für das große Verbreitungsgebiet nur relativ wenig Analysen vorliegen: Im Allgemeinen variieren die Karbonatgehalte bedingt durch Sedimentationsvorgänge und Umlagerungsprozesse stark: Von örtlich auftretenden karbonatfreien Lagen bis zu sehr karbonatreichen Schichten (> 50%) sind alle Übergänge vorhanden. Der Karbonatgehalt wechselt mit der Kornzusammensetzung des Materials. Die Maximalwerte sind im allgemeinen an den Schluffanteil gebunden. Karbonate machen in der Tonfraktion (< 2 µ) weniger als 25% aus. Mit zunehmendem Sandanteil geht der Karbonatgehalt ebenfalls zurück, wobei die Ursache in der Zunahme zentralalpiner Gesteinskomponenten (z.B. Quarz) in dieser Kornfraktion liegt. Nach neueren Untersuchungen dürften auch die stratigraphisch höheren Horizonte (Südl. Vollschotter und Hangendserie) gegenüber den tieferen Schichten (Nördl. Vollschotter) einen höheren Karbonatgehalt aufweisen und in der Regel der Calcit gegenüber dem Dolomit vorherrschen. Durch die wesentlich höhere Lösungsfähigkeit hat Calcit vermehrt an Umlagerungsprozessen teilgenommen, wodurch wiederum eine unregelmäßige Verteilung im Sediment zustande kommt. Diese Lösungs- und Ausfällungsvorgänge sind häufig die Ursache von Karbonatanreicherungen in bevorzugten Lagen als konkretionäre Knollen oder netzartige Strukturen.

Als Minerale der Tonfraktion sind vor allem Muskovit, Illit, Chlorit und Montmorillonit vertreten. Das häufigste Glimmermineral ist Muskovit, das damit verwandte Mineral Illit tritt dagegen in reiner Form nur untergeordnet in Erscheinung. Die Prozentgehalte beider Minerale schwanken zwischen 35% und 65%. Chlorit ist in fast allen feinklastischen Sedimenten der Oberen Süßwassermolasse an deren Aufbau beteiligt. Das sehr quellfähige Mineral Montmorillonit vergrößert mit zunehmender Feinkörnigkeit des Sediments seinen Anteil gegenüber den Glimmermineralen und kann auf über 25% ansteigen, in der Tonfraktion (< 2 µ) sogar über 60%.

Biotit, Kaolinit und Feldspäte (meist sauere Plagioklase) erscheinen nur untergeordnet oder in Spuren, und üben daher auf die gesteinstechnischen Eigenschaften keinen entscheidenden Einfluß aus.

Der Anteil des Quarzes, der als Magerungsmittel wirkt, ist weitgehend von der Korngröße abhängig. In der Fraktion > 2 µ ist er reichlich vertreten, in der Fraktion 0,2–2 µ ist er nur noch in Spuren vorhanden und läßt sich bei einer Korngröße < 0,2 µ nicht mehr nachweisen. Die Herkunft dieses Minerals ist fast ausschließlich detritisch, Neubildungen sind selten.

Die tertiären Mergel stellen sich in der chemischen Analyse etwa wie folgt dar (geglühte Substanz, Gew.-%):

SiO_2:35–55%; Al_2O_3:8–16%; Fe_2O_3:3–7%; CaO:5–40%; MgO:0,5–10%; Na_2O:0,2–2%; K_2O:1–3%.

Entsprechend der großen Streuung der mineralischen Bestandteile variieren die technischen Eigenschaften. Da die einzelnen Komponten unterschiedliche, zum Teil entgegengesetzte Eigenschaften bewirken, lassen sich diese nicht in einfachen Zahlenbeziehungen ausdrücken, vielmehr können nur Tendenzen angegeben

werden. Ein bedeutender Einfluß insbesondere auf den gebrannten Scherben geht vom Karbonatgehalt aus. Bei ca. 12% Karbonatanteil beginnt sich die Brennfarbe deutlich aufzuhellen und geht bei ca. 17% in ocker über. In der Regel ist bei einem Karbonatanteil von > 12% mit einem Rückgang der linearen Trockenschwindung unter 6,5% und der Brennschwindung unter 1% zu rechnen. Die Scherbenrohdichte liegt etwa bei 1,6 g/cm^3 und die Wasseraufnahme unter Atmosphärendruck um 15%. Diese vorgenannten Werte beziehen sich auf eine Brenntemperatur von ca. 1000° C. Ein höherer Anteil an Ton läßt zunehmend die Eigenschaften der Glimmer und insbesondere des Montmorillonits hervortreten. Diese bewirken eine hohe Schwindung beim Trocknen, die sich in der Aufheizphase fortsetzt, so daß hier unter Umständen Aufheizrisse entstehen können.

Gewinnung und Verwendung: Während westlich des Lech besonders in den höheren Lagen altpleistozäne Deckenschotter ein gewisses Abraumproblem darstellen, sind die östlich davon auftretenden Löß- bzw. Lößlehmdecken eine willkommene Ergänzung der Rohstoffbasis. Für einen Abbau sind insbesondere Vorkommen geeignet, die über einen größeren Profilbereich einen gleichmäßigen Karbonatgehalt und einen dem Verwendungszweck angepaßten Sandgehalt vorweisen.

Erschwerte Bedingungen beim Abbau können stärker verfestigte Sandlagen bringen, Kalkkonkretionen können besondere Aufbereitungsmethoden (z.B. Feinwalzwerk) notwendig machen.

Entsprechend der Verbreitung ist der Abbau dieser Schichten im schwäbischen Raum südlich der Donau konzentriert und reicht nach Süden bis in die sog. Faltenmolasse.

Eingesetzt werden die Mergel vorwiegend in der Produktion von Hintermauersteinen, während die karbonatärmeren Varietäten auch als Zuschlag für Dachziegelmassen verwendet werden.

Vorkommen: Die Feinsedimente der Oberen Süßwassermolasse sind grundsätzlich im Bereich zwischen Donau und Alpen überall verbreitet. Ihr prozentualer Anteil am Schichtenaufbau der OSM und damit auch ihre Mächtigkeit nimmt etwa ab der Linie Augsburg–Landshut nach Norden und generell im Molassegebiet von Ost nach West zu. Im Alpenvorland im Einflußbereich der eiszeitlichen Vergletscherung sind diese Vorkommen weitgehend durch Quartärbildungen (Moränen, Kiese, Sande, Seetone) überlagert, so daß sie einer Gewinnung entzogen sind bzw. ein Abbau wegen großer Abraumbewältigung unrentabel wäre. Lediglich in schmalen, tief eingeschnittenen Flußtälern sind sie aufgeschlossen.

Tone der Oberen Süßwassermolasse (942)

(Albert Dobner)

Während der ausklingenden Tertiärzeit konnte sich in die aus dem Alpengebiet antransportierten kalkhaltigen Molassesedimente (Mergel, Sande, Fein- und Mittelkiese der Hangendserie) auch Abtragungsmaterial aus dem bayerisch-

böhmischen Grundgebirge mischen. Diese als Moldanubische Serie bezeichneten Sedimente sind in ihrer groben Ausbildung als Feldspatsande, in ihrem feinkörnigen Äquivalent als Tone abgelagert worden. Sowohl die Mächtigkeit der Tone von wenigen Dezimetern bis maximal wenigen Metern, als auch ihre laterale Verbreitung ist stark schwankend. Obwohl die Moldanubische Serie weit verbreitet ist, sind die Tone darin nicht flächenhaft sondern nur linsig ausgebildet und nur selten abbauwürdig.

Ausbildung und Eigenschaften: Entsprechend dem Ausgangsmaterial und den Verwitterungsbedingungen herrschen in den Tonen die Minerale der Kaolinitgruppe vor. Glimmer, Illit, Montmorillonit und Mixedlayerminerale treten demgegenüber zurück. Quarz und Feldspat (meist Kalifeldspat) sind vornehmlich in der Schluff- und Sandfraktion vertreten, so daß ihre Anteile mit einer Kornvergröberung zunehmen. Die chemischen Analysen liefern folgende Schwankungsbreite (geglüht, Gew.-%):

SiO_2:50–68%; Al_2O_3:20–30%; Fe_2O_3:2–5% (max. 11,7%); CaO:0,5–1,2%; MgO:0,5–1,2%; Na_2O+K_2O:1,5–2,5%.

Dabei ist davon auszugehen, daß die als Ziegelzusatz verwendeten Tone in ihrem Al_2O_3-Gehalt etwa zwischen 20 und 25% und in ihrem SiO_2- und Eisengehalt im oberen Bereich der genannten Werte liegen.

Die als Keramikton bezeichneten Massen erreichen einen höheren Al_2O_3-Gehalt und sind bei einem Fe_2O_3-Anteil von 2–3% hellbrennend. Als Beispiel bester Qualität sei hier die chem. Analyse eines sog. KG-Tones angegeben: SiO_2:56,2%; Al_2O_3:35,3%; TiO_2:1,5%; Fe_2O_3:3,8%; CaO:0,4% MgO:0,7%; K_2O:1,0%; Na_2O:0,7% (geglüht). Der Tonanteil liegt in diesem Fall bei 95,8% und der Anteil der Korngröße > 20 µ bei nur 1%.

Auf Grund ihrer unterschiedlichen Zusammensetzung sind auch die technischen Eigenschaften verschieden: Generell zeichnet sich der Ton durch hohe Plastizität, Bindefähigkeit und Trockenbiegezugfestigkeit von teils über 60 kp/cm^2 aus. Hervorzuheben ist auch das sehr günstige Sinterverhalten der Keramiktone. So hatten z.B. Tone mit Gehalten von 2,6% Al_2O_3, 4,0% Fe_2O_3 und 0,7% Na_2O+K_2O einen Sinterpunkt zwischen 1160° und 1200° C, Tone mit 26,5% Al_2O_3, 3,15% Fe_2O_3 und 1,7% Na_2O+K_2O (jeweils ungeglüht) einen Sinterpunkt zwischen 1100 und 1150° C. Auf der negativen Seite ist zu erwähnen, daß öfter kleine, im Milimeterbereich liegende Kalkkonkretionen in die Tone eingelagert sind und damit die Qualität vermindern.

Gewinnung und Verwendung: Entsprechend der nur selten mit abbauwürdiger Mächtigkeit und Ausdehnung ausgestatteten Vorkommen beschränkt sich die heutige Abbautätigkeit auf nur wenige Stellen. Der bedeutendste Lagerstättenbezirk liegt östlich von Landshut. Die hier früher an einem Höhenzug „am Kröning" in vielen Gruben gewonnenen grüne „Hafnertone" wurden im 18. und 19. Jahrhundert zu den weithin bekannten Kröninger Töpferwaren verarbeitet. Die Verwendung als Töpferton ist heute von untergeordneter Bedeutung und der Abbau darauf wird nur noch in einer kleinen Grube zwischen Falkenberg und Malgersdorf betrieben. Die wirtschaftliche Bedeutung liegt derzeit in der Verwendung als Rohstoff für verschiedene baukeramische Massen. Östlich von

Landshut werden diese Tone als Zusatzmaterial für die Dachziegelherstellung abgegraben. Kleinere Abbaustellen finden sich nördlich Eggenfelden und bei Sulding nördlich Taufkirchen; das Material wird auch hier für baukeramische Produkte verwendet.

V o r k o m m e n : Die Vorkommen dieser Tone sind an die Moldanubische Serie gebunden, die in Verzahnung mit der Hangendserie als jüngste tertiäre Sedimentlage die älteren Molasseablagerungen überdeckt. Im Süden tauchen diese Schichten an der Linie Simbach–Dorfen unter die Terrassenschotter des Inns bzw. den Altmoränengürtel. Nach Norden und Osten reichen diese Serien mit ihren Ausläufern bis an die Terrassen der Donau und das Gebiet um Pfarrkirchen.

Nach heutiger Kenntnis kann man davon ausgehen, daß diese Schichten im Gebiet zwischen Isar und Landau – Simbach – Dorfen – Moosburg noch größtenteils flächenhaft verbreitet sind, dagegen sind sie in den Randgebieten und nördlich der Isar auf Höhenzüge zwischen den Tälern der Isar, Kleinen Laaber, Großen Laaber und Abens beschränkt. Wie weit der Einfluß der Moldanubischen Serie nach Westen reicht, ist noch nicht genau bekannt. Die Ausbildung von bauwürdigen Tonvorkommen dürfte aber auf den Bereich östlich der Linie Moosburg–Mainburg begrenzt sein.

Stand 2000

Tone des Naabtales und des Bayerischen Waldes (943)

(Albert Dobner)

Diese Tone wurden aufgrund ihrer ähnlichen Entstehung und damit eng verwandten mineralogischen Zusammensetzung in einem Kapitel zusammengefaßt.

T o n e d e s N a a b – S y s t e m s : Während des Jungtertiärs kam es durch tektonische Bewegungen am Rand des Moldanubischen Grundgebirges (Bayerischer Wald und südlicher Oberpfälzer Wald) einerseits zur Heraushebung des Grundgebirges andererseits zur Absenkung von Schollen paläozoischer und mesozoischer Sedimente im Vorland. Dadurch bildete sich am Rand des Grundgebirges ein tiefeingeschnittenes weitverzeigtes Rinnensystem (Urnaab-

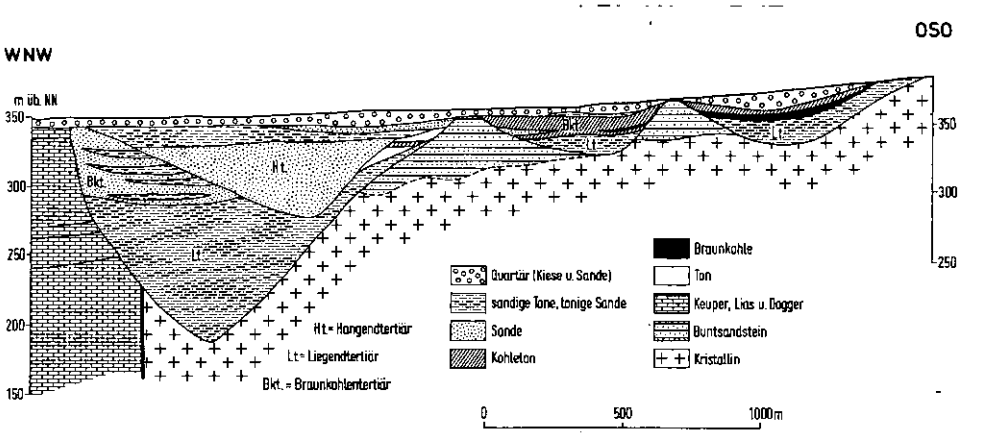


Abb. 6 Geologischer Querschnitt durch das Naabtertiär bei Teublitz (vereinfacht nach H. TILLMANN 1956)

System), das sich heute zwischen Regensburg und dem Raum Wernberg-Pfreimd erstreckt. Südlich und südwestlich von Regensburg sind Ausläufer noch im Raum Viehhausen, Kelheim, Teugn, Bad Abbach und Herrnwahlthann zu beobachten. Weiter nach Süden verzahnt sich das System mit dem Molassebecken bzw. taucht unter dessen Sedimente ab. Unterbrochen von mehreren und unterschiedlich wirksamen Erosionsphasen wurden diese weitläufigen Rinnen mit den Verwitterungsprodukten des Grundgebirges aufgefüllt. Mit der ersten Sedimentationsphase wurde vorwiegend Quarz-Feldspatsand mit Hangschutt an den Talflanken abgesetzt. Im Süden, d.h. im Unterlauf des Systems wurden in Süßwasserseen zunehmend auch tonige Sande, in geringem Umfang auch Tone sedimentiert. Über diese Schichten des sog. Liegendtertiärs lagerten sich die Sedimente des Braunkohlentertiärs. Während dieser Zeit war die Ablagerung von klastischem Material nur zeitweilig und auf die Hauptrinne beschränkt. In den ruhigen Randbereichen, Buchten und Nebentälern bildeten sich ausgedehnte Braunkohle- und Tonlager. Bevorzugt trifft man Tone zwischen den Braunkohlen der Unterflöz- und Oberflözgruppe im sog. Hauptzwischenmittel.

Nach einer kräftigeren Erosionsphase, die teilweise auch die Seitenarme ergriff, wurde das aus Sanden und bunten Tonen bestehende Hangendtertiär abgelagert. Während bis zur Auffüllung der Erosionsrinne hauptsächlich Sande und tonige Sande zum Absatz kamen, sind die darüber lagernden flächenhaft verbreiteten, weit über den Talquerschnitt der „Urnaab" ausgreifenden Sedimente von hellen bis bunten Tonen mit wechselndem Sandgehalt geprägt. Weitflächig abgedeckt werden diese Rinnenfüllungen durch Quarzsande des jüngsten Tertiärs (Pliozän) sowie durch quartäre Sedimente verschiedenen Ursprungs wie Kiese und Sande des Naabtales, Löß, Lößlehm, Hang- und Solifluktionsschutt.

Ausbildung und Eigenschaften: Infolge der sehr wechselhaften Sedimentationsbedingungen, die über den gesamten Ablagerungszeitraum anhielten, lassen sich aus petrographischer Sicht nur wenige Kriterien finden, die den Tonen der einzelnen Einheiten als typisch zuzuordnen wären. Soweit aus Bohrungen und den spärlichen Oberflächenaufschlüssen bekannt, treten im Liegendtertiär Tonlagen gegenüber sandigen Sedimenten stark in den Hintergrund. Sie sind nur im Süden des Rinnensystems ausgebildet und streichen nur örtlich an der Oberfläche aus. Vorwiegend handelt es sich um graugrüne sandige Tone.

Die wirtschaftlich bedeutenden Tonvorkommen liegen im Braunkohlentertiär. Neben geringer mächtigen Tonhorizonten die überall als Zwischenlagen der Braunkohlenflöze vorkommen können, sind die Tonlagen bevorzugt im sog. Hauptzwischenmittel (das sind die Schichten zwischen der Ober- und Unterflözgruppe) zu beobachten. Mächtigere Tonpakete sind durch dünne Sandlagen und dünne Braunkohleflöze gegliedert, oder die einzelnen Lagen mit Mächtigkeiten von 0,5–2 m unterscheiden sich in Farbe oder Kornzusammensetzung. Die überwiegend grauen, graubraunen, grüngrauen und graublauen Tone enthalten lagenweise sehr feinkörnige Tone (bis 98% $< 2\ \mu$).

Das überlagernde Hangendtertiär enthält Tonlagen hauptsächlich in den oberen, flächenhaft weit ausgreifenden Schichten. Ihre Farben sind blaugrau bis braungrau, häufig auch bunt bis gelb und die Korngröße erreicht mit Anteilen bis ca. 70% $< 2\ \mu$ nicht die Feinheit der Tone des Braunkohlentertiärs.

Entscheidend für die Verwendbarkeit in keramischen Massen ist die mineralogische Zusammensetzung. Ein Charakteristikum dieser Tertiärtone ist der hohe Gehalt an kaolinitischen Mineralen (Fireclay und Kaolinit). Illit, Muskovit, Wechselschichtminerale (Mixed-layer Minerale), Montmorillonit und Feldspat treten demgegenüber zurück. Quarz, der in seiner Hauptmasse in der Korngröße $> 20\ \mu$ vorliegt, ist in unterschiedlicher Menge beteiligt. Als Anhaltspunkt ergibt sich daraus, daß mit Abnahme der Korngröße der Quarzgehalt sinkt, der Anteil der Tonminerale, insbesondere der kaolinitischen Minerale, steigt und damit der Al_2O_3-Gehalt und die Feuerfestigkeit zunimmt. In einzelnen Tonlagen kann der Al_2O_3-Gehalt (geglüht) bis über 44% ansteigen. Die als Flußmittel wirkenden Alkalien sind vom Feldspat- und Glimmeranteil abhängig und schwanken für K_2O zwischen 0,4–2,0%, teilweise werden auch etwas höhere Werte erreicht. Na_2O liegt nur in Spuren (< 1%) vor. Die Gehalte an Fe_2O_3 liegen in den Tonen des Braunkohlentertiärs bei 1–3%, in den Tonen des Hangendtertiärs liegen sie in der Regel etwas höher und können häufig die 4%-Marke, vereinzelt auch 8%, überschreiten. Karbonat kann nicht oder nur in geringen Spuren nachgewiesen werden. Erst südlich Regensburg, wo sich die Sedimente des Urnaabsystems mit denen des Molassetroges verzahnen, können die Karbonate einen wesentlichen Anteil stellen.

Über die technischen Eigenschaften der verschiedenen Tone lassen sich verständlicherweise nur sehr schwer allgemein gültige Aussagen treffen, da insbesondere bei höheren Brenntemperaturen (1250–1300° C) geringe Unterschiede in Mineralogie und Kornverteilung stark voneinander abweichende gebrannte Produkte erzeugen. Dabei lassen sich die Eigenschaften nur selten auf eine ganz bestimmte Größe in Höhe des Al_2O_3-Gehaltes oder auf den Anteil eines bestimmten Minerals beziehen. Während z.B. die Trockenschwindung der Tone mit vergleichbarer Kornverteilung um 6–7% schwankt, nimmt die Gesamtschwindung mit steigender Temperatur unterschiedlich zu und kann bei Temperaturen um 1300° C zwischen 11 und 22% erreichen. Die Scherbenrohdichte liegt dann bei 2,1–2,5 g/cm^3.

Gewinnung und Verwendung: Die Tone des Urnaab-Systems müssen weitgehend selektiv abgebaut werden, da die einzelnen Lagen sich in ihrer Qualität unterscheiden und stark von unbrauchbarem Material wie Braunkohleflözen und Sandlagen durchsetzt sind. In den bis zu 40 m tiefen Tagebauen der Oberpfalz werden örtlich bis etwa 10 verschiedene Tonsorten unterschieden. Tonerdereiches Material, das zudem arm ist an Eisen und Alkalien wird zur Herstellung von Steingut (z.B. Fliesen für den Innenausbau) verwendet. Durch die hohe Feuerfestigkeit sintert das Material auch bei erhöhter Brenntemperatur wenig und ergibt einen porösen Scherben. Tone mit 40–42% Al_2O_3 werden zu hochfeuerfester Schamotte gebrannt. Mit Al_2O_3-Gehalten von 37–40% und Alkaligehalten von 1–2% lassen sich Mahlschamotte für feuerfeste Massen herstellen. Sind in diesen Tonen feine Kohlepartikel eingeschlossen und diese gleichmäßig verteilt, entstehen beim Brennen (1250–1300° C) besonders viele Poren und das Fertigprodukt wird als Leichtschamotte (ca. 650 g/l Schüttgewicht) bezeichnet, die nur sehr geringe Wärmeleitzahlen aufweist. Steinzeugtone mit einem Al_2O_3-Gehalt von ca. 32–35% Al_2O_3 und etwas erhöhtem Flußmittelgehalt ergeben einen dichten Scherben (z.B. Spaltplatten, Steinzeugrohre für Entwässerungsleitungen).

Vorkommen: Durch die wechselhafte geologische Geschichte sind die wirtschaftlich gewinnbaren Tonvorkommen im „Urnaabsystem" nicht gleichmäßig verteilt. Größere Lagerstättenareale finden sich in erster Linie dort, wo einmal durch ruhige Sedimentationsbedingungen im verstärkten Maße Tone zur Ablagerung kamen und zum anderen diese von den nachfolgenden Erosionsphasen verschont blieben. Diese Kriterien treffen besonders auf Randbuchten und Nebenrinnen zu. Bedeutende Lagerstätten kann der Raum von Schwarzenfeld-Schmidgaden aufweisen.

In einer durch Aufragungen des prätertiären Untergrundes stark untergliederten Südost-Nordwest verlaufenden Bucht werden derzeit die Gruben von Hartenricht, Frotzersricht und Stulln betrieben. Nicht weniger bedeutend ist der Lagerstättenbezirk östlich und südlich von Klardorf, der an eine parallel zum Naabtal verlaufende Seitenrinne gebunden ist und in der Tonabbau in den Gruben Klardorf, Auhofweiher und Weiherdorf umgeht.

Weitere Gewinnungsstellen liegen bei Ponholz und bei Deglhof, wobei letztere einem heute abgeschürften Becken des Urnaabsystems zuzurechnen ist. Die mit etwas Sand verunreinigten Tone werden als Zuschlagtone für die Produktion von Ziegel, Dachziegel und Hourdis (spezielle Art von dünnwandigen Deckensteinen) bei Regenstauf, Zeitlarn und Regensburg abgegraben.

Stand 2000

Tone des Bayerischen Waldes: Zeitgleich mit der Sedimentation der Naabtaltone kam es auch am Rand des Bayerischen Waldes gegen das Molassebecken zur Ablagerung tertiärer Feinsedimente aus dem Verwitterungsmaterial des kristallinen Grundgebirges. Im Bereich des heutigen Donautales verzahnen sich diese mit den Sedimenten alpiner Herkunft. Durch postsedimentäre Bewegungen am Donaurandbruch, insbesondere durch Heraushebung des Kristallinsockels, sind heute nur noch die Reste dieser Sedimente in Randbuchten und kleinen Becken erhalten. Vom Donautal her greifen die tertiären Sedimente bei Steinach, Hunderdorf, Bogen, Schwarzach, Metten und Deggendorf in nur wenige Kilometer langen Buchten in das Grundgebirge ein. Die Bucht bei Hengersberg–Schwanenkirchen erstreckt sich über 15 km Länge und ist die größte ihrer Art. Im südlichen Bayerischen Wald finden sich derartige Ablagerungen nur noch in kleineren Senken und rinnenartigen Vertiefungen, von denen die bedeutendsten bei Rathsmannsdorf, Tittling, Patriching–Jägerreuth und Rittsteig auftreten.

Entsprechend der Gliederung des Naabsystems läßt sich auch hier sehr häufig eine Dreiteilung in Liegend-, Braunkohlen- und Hangendtertiär durchführen. Die Mächtigkeit dieser Schichten schwankt sehr stark und ist nicht gleichmäßig auf die einzelnen Schichten verteilt. Sie steigt örtlich bis über 100 m an, wobei das Braunkohlentertiär allein bis 40 m einnehmen kann.

Ausbildung und Eigenschaften: Während das Liegend- und Hangendtertiär in gröberer Ausbildung vorliegt und vorwiegend aus Sanden, tonigen Sanden und sandigen Tonen unterschiedlicher Farben aufgebaut ist und nur untergeordnet Tone enthält, führt das Braunkohlentertiär häufig graue, graublaue und grüngraue z.T. kohlige Tone. Abbauwürdige Tonlagen trifft man demnach am ehesten im Braunkohlentertiär, obwohl auch hier Kohlezwischenlagen und ein zunehmender Sandgehalt in den Rand- und Endbereichen der Buchten

die Lagerstättenqualität mindern können. Das Liegend- und Hangendtertiär ist als Lagerstättenträger für Tone von untergeordneter Bedeutung.

Die mineralogische Zusammensetzung der Tone ist geprägt von kaolinitischen Mineralen, die zusammen mit Muskovit und Illit ca. 95% der Tonminerale stellen. In feinkörnigen Tonen (Korngröße $< 2\,\mu = 60-80\%$) ist Quarz bis zu 20% beteiligt, bei gröberkörnigen ($< 2\,\mu$ unter 60%) wird die 20%-Marke überschritten. Quarzanteile von weniger als 5% sind als Ausnahme zu sehen. Bemerkenswert ist – verglichen mit den Naabtaltonen – der relativ hohe Fe_2O_3-Gehalt mit ca. 4–8%, der vereinzelt auch auf über 10% ansteigt. Dazu kommt ein K_2O-Gehalt von 0,8–3,4% und ein Na_2O-Gehalt um 0,2%, die beim Brennvorgang die frühzeitige Verdichtung und Glasphasenbildung fördern, wodurch die Tone zur Reduktionskernbildung neigen. Die Tonerdegehalte bewegen sich in der Regel zwischen 25% und 35%, solche bis 40% gelten als Ausnahme.

Gewinnung und Verwendung: Der Abbau dieser Lagerstätten wird bevorzugt von Firmen der Ziegelindustrie betrieben und reicht von Bogen über Schwarzach und die Hengersberger Bucht (5 Gewinnungsstellen) bis Tittling. Das Material wird eingesetzt in Massen für Ziegel, Dachziegel, Klinker und Schamotterohre. Besonders geschätzt sind die eisenreichen Varietäten, die den Dachziegeln eine kräftig rote Farbe verleihen.

Durch die nicht selten mächtige Überlagerung mit Hangendtertiär, Lößlehm und Hangschutt sind die Lagerstätten oft nur schwer zugänglich. Häufig ist die Anlage einer Grube mit wenig Abraum nur an Hängen möglich. Dies wiederum birgt die Gefahr von Hangabrissen und Rutschungen insbesondere wenn wasserführende Sandschichten angeschnitten werden. Kohlelagen und einzelne Kohleeinschlüsse behindern teilweise den Abbau bzw. beschränken die Einsatzmöglichkeit der Tone auf die Herstellung bestimmter Produkte.

Stand 2000

Tone der nördlichen Oberpfalz und Oberfrankens (944)

(Albert Dobner)

Die Lagerstätten tertiärer Tone in Oberfranken und in der nördlichen Oberpfalz sind gebunden an zwei langgestreckte tertiäre Senkungsgebiete, die sich vom Egerer Becken zum Südrand des Fichtelgebirges ziehen. Die nördliche Senkungszone folgt dem Tal der Röslau und Kösseine von Arzberg über Marktredwitz und Waldershof bis Pullenreuth mit einer Abzweigung nach Wunsiedel. Das südliche Senkungsgebiet folgt dem Wondrebtal und verzweigt sich nach Westen bis in den Raum um Schönhaid, nach Nordosten bis nach Waldsassen. Diese Becken sind gefüllt mit Süßwasserablagerungen. Neben Kiesen und Sanden treten Tonsande und Tone mit Braunkohle auf, deren Mächtigkeit mehrere Zehnermeter betragen kann.

Ausbildung und Eigenschaften: Die Tone sind überwiegend von weißer bis grauer Farbe, daneben finden sich auch rote und rotviolette Varietäten. Tonschichten von technisch gewinnbarer Mächtigkeit und Feinanteilen

(< 2 µ) über 60% sind nur vereinzelt anzutreffen. In der Regel besitzen die Tone einen hohen Sandanteil oder zeigen eine enge Wechsellagerung mit Sanden und sind dadurch relativ schlecht sortiert (vergl. Abb. 3). Die mineralogische Zusammensetzung ist gekennzeichnet durch einen Kaolinitgehalt von ca. 35% (20–60%), einen Illit-Muskovitanteil von knapp 30% (10–45%) und einen Quarzanteil von ca. 30% (15–45%), der sich mit steigendem Sandanteil zu Lasten der Tonminerale vergrößert. Dem mineralogischen Aufbau entspricht etwa folgende chemische Zusammensetzung (geglüht) in Gew.-%:

SiO_2:64% (41–72); Al_2O_3:28% (19–41); Fe_2O_3:2,5% (0,7–17,0); TiO_2:1,6% (0,9–3,7); CaO:0,2% (0,07–0,6); MgO:0,4% (0,2–1,5); K_2O:3,0% (0,4–4,6); Na_2O:0,3% (0,15–0,6).

Der mineralogische Aufbau wirkt sich in deutlicher Weise auf die technischen Eigenschaften aus. Der Kaolinitanteil bewirkt eine gewisse Feuerfestigkeit. Eine merkliche Druckerweichung tritt erst bei Brenntemperaturen über 1100° C ein. Die lineare Trockenschwindung liegt im allgemeinen bei 3–4%, die Brennschwindung erreicht bei 1000° C Werte bis 3% und steigt bei 1200° C auf 5–6% an. Die Scherbenrohdichte schwankt bei 1000° C um 1,9 g/cm^3 und liegt bei einer Brenntemperatur von 1200° C bei 2,0–2,1 g/cm^3.

G e w i n n u n g u n d V e r w e n d u n g: Je nach ihrer Eignung werden die Tone für die Herstellung von Steinzeug, Schamotte, Klinker und Hintermauersteine abgebaut. Da die Tone mit wenigen Ausnahmen (z.B. Tone von Steinmühle) einen größeren Sandanteil aufweisen, sind sie für die Steinzeugherstellung nur bedingt einsetzbar. Zur Herstellung von Hintermauerziegeln ist eine relativ hohe Brenntemperatur erforderlich, verbunden mit entsprechend hohem Energiebedarf. Durch den bevorzugten Einsatz der roten eisenreicheren Tone kann hier der Sinterpunkt herabgesetzt werden. Eisenreiche Tone (ca. 5–7% Fe_2O_3) werden auch bei der Herstellung von Klinkern verwendet, während für die Schamotteherstellung die hellbrennenden eisenarmen Tone (< 1% Fe_2O_3) bevorzugt werden. In Abbau stehen die Tone der nördlichen Oberpfalz und Oberfrankens bei Steinmühle, Schönfeld, Schönhaid, Frankengrün, Mitterteich, Schirnding und Seedorf.

V o r k o m m e n: Während das Verbreitungsgebiet der tertiären Ablagerungen größere Areale umfaßt, sind die abbaufähigen Tonlagerstätten meist sehr begrenzt, da sie durch raschen horizontalen Fazieswechsel in stark sandige Sedimente übergehen können. Schuttdecken, die oft einen großen Anteil an Basaltbrocken enthalten, haben zwar die Tonvorkommen vor Erosion bewahrt, sind teilweise aber so mächtig, daß ein wirtschaftlicher Abbau nicht mehr möglich ist. Die Lagerstättenmächtigkeiten erreichen bis über 30 m, wobei die Bauwürdigkeit im Liegenden durch hohen Sandanteil oder Sandschichten beeinträchtigt wird. Die Verteilung von eisenreichen (roten) und eisenarmen (weißen-grauen) Bereichen ist unterschiedlich; sie tritt lagenweise, aber auch in fleckiger Anordnung auf. Die Gesteine gegen das Hangende sind häufig ausgebleicht, während die tieferliegenden Schichten durch Eisenausfällungen rot gefärbt sind.

Stand 2000

Tone, Mergel und Bunte Breccie im Riesbereich (945)

(Albert Dobner)

Die während der Tertiärzeit im Bereich der westlichen Frankenalb in größerem Umfang abgelagerten tonigen und mergeligen Feinsedimente werden nach heutiger Kenntnis vier Sedimentationsphasen zugeordnet:

1. Tone und Mergel der Unteren Meeresmolasse (Oligozän)
2. Tone und Mergel der Oberen Süßwassermolasse, abgelagert vor der Rieskraterbildung (älteres Miozän)
3. Tone und Mergel der Bunten Breccie
4. Tone und Mergel als Füllung des Rieskraters (jüngeres Miozän)

Die Tone der Unteren Meeresmolasse wurden als primäre Vorkommen bisher nur an einer Stelle bei Möhren nachgewiesen. Die meistens als Bildungen einer Beckenrandfazies zu deutenden Feinsedimente finden sich heute aufgrund des Riesereignisses als Bestandteile von Trümmermassen auch im östlichen und südöstlichen Vorries. Zum überwiegenden Teil bestehen die Vorkommen aus Tonen im rhythmischen Wechsel mit Braunkohlen- und Karbonatlagen.

Die Randsedimente des Molassebeckens bedecken als Lockersedimente der Oberen Süßwassermolasse kleinere Areale der westlichen Frankenalb. Neben den glimmerreichen „Flins"-Sanden treten rote bis grüngraue Tone und Mergel mit vereinzelten Braunkohletonen auf. Diese Wechselfolgen der Oberen Süßwassermolasse erreichen Mächtigkeiten von mehreren Zehnermetern.

Die durch die Rieskatastrophe (Meteoreinschlag) ausgeworfenen und mitgerissenen Riestrümmermassen der Bunten Breccie enthalten neben Bruchstücken und Schollen von Festgesteinen auch Tone und Mergel aus der gesamten triassischen Abfolge. Diese Feinsedimente verschiedenster Herkunft bilden die tonig-lehmige Grundmasse, in der die Festgesteine eingebettet sind.

Örtlich sind diese Tone nur mit wenig nicht tonigen Gesteinsbrocken durchmischt und können als Ziegelrohstoff eingesetzt werden. Nicht unbedeutend ist auch die Verwendung als Tonzuschlag für die Zementklinkerherstellung.

Die Tone und Mergel der sedimentären Füllung des Rieskraters erreichen sowohl eine große Mächtigkeit (im Kraterzentrum bis über 250 m) als auch flächenmäßig eine weite Verbreitung. Es handelt sich dabei um graugrüne bis dunkelgraue Tone und Mergel mit bituminösen und karbonatführenden Lagen. Der am Kraterrand noch relativ hohe Karbonatanteil nimmt zum Kraterzentrum hin ab, wogegen der Bitumengehalt ansteigt. Durch die hauptsächlich im Westteil des Kraters stärkere Überdeckung durch Löß, Lößlehm und alluviale Bildungen stehen diese Vorkommen in größeren Bereichen nur westlich der Wörnitz an. Auch diese Tone und Mergel der Rieskraterfüllung werden bei der Zementherstellung eingesetzt.

Die oben beschriebenen Feinsedimente unterliegen infolge ihrer unterschiedlichen Entstehung und ihrer teilweise starken Vermischung in ihrer chemischen und

mineralogischen Zusammensetzung sehr starken Schwankungen. Auch bei einer größeren Anzahl von Untersuchungen, die allerdings bis heute noch fehlen, könnten immer nur Hinweise auf die technischen Eigenschaften und die Verwendungsfähigkeit eng begrenzter Vorkommen gegeben werden. Der örtlich auftretende hohe Karbonatgehalt, der oft hohe Gehalt an organischer Substanz (Kohlenstoffgehalt in Bohr. Nördlingen 0,5–22%) sowie gelegentliche Pyrit- und Gipsbeimengungen machen diese Sedimente für die Herstellung von Steinzeug ungeeignet. Die Gesamtschwindung des Materials von teilweise über 15% läßt auf erhöhten Anteil von Montmorillonit- und Illitmineralien schließen.

Bei der Verwendung für Ziegelmassen kann der erhöhte Bitumengehalt zur Bildung von Reduktionskernen und Bläherscheinungen führen.

Stand 2000

Klingenberger und Schippacher Ton (946)

(ALBERT DOBNER)

Etwa 1,5 km östlich von Klingenberg sowie zwischen den Orten Schippach und Mechenhard liegen relativ engbegrenzte Vorkommen von feuerfesten Tonen.

Ihr Vorhandensein verdanken diese Lagerstätten grabenartigen Einbrüchen in einem gegen Osten einfallenden Buntsandsteinsattel. Die in verschiedenen Richtungen streichenden Staffel- und Grabenbrüche bilden die tektonischen Grenzen der Vorkommen. Die Klingenberger und Schippacher Tone sind die Reste einer ehemals über der Buntsandsteinplatte weitverbreiteten pliozänen Seeablagerung. Durch das Absinken der einzelnen Schollen an sich kreuzenden Bruchstörungen wurden zwei Areale aus der Mitte der Seeablagerung dem Wirkungsbereich postsedimentärer Abtragung entzogen.

Der die Form eines Parallelogramms besitzende Schippacher Graben von ca. 350 m Breite und knapp über 1 km Länge wird im Osten und Westen von zwei Staffelbrüchen begrenzt, die im Norden und Süden von je einem NW–SO-streichenden Nebensprung gekreuzt werden.

Die Gesamtmächtigkeit der Schippacher Tone schwankt zwischen 60 und 80 m. Unter einer quartären Deckschicht aus Sanden und Hangschutt bilden hellgraue Schamotte-Tone etwa die obere Hälfte des Tonlagers, darunter folgen verschiedene Lagen grauer, graubrauner und schwarzgrauer Tone mit einer lignitführenden Schicht (sog. „Flöz"). Gegen den liegenden Buntsandstein werden die Tone unrein und sind mit Geröllen vermischt (sog. Basistone).

Der Klingenberger Ton-Graben zeigt die Form eines nach Norden zulaufenden spitzwinkligen Dreiecks von ca. 1 km Nord-Süd-Erstreckung und max. ca. 150 m Ost-West-Ausdehnung.

Die eigentliche Lagerstätte liegt innerhalb nicht abbauwürdiger Tone (sog. „Rohe Tone") in Form einer max. 30 m mächtigen Linse. Vom Hangenden zum Liegenden folgen hellgrauer Schamotte-Ton, reinster Tiegelton (auch „Glaserde"

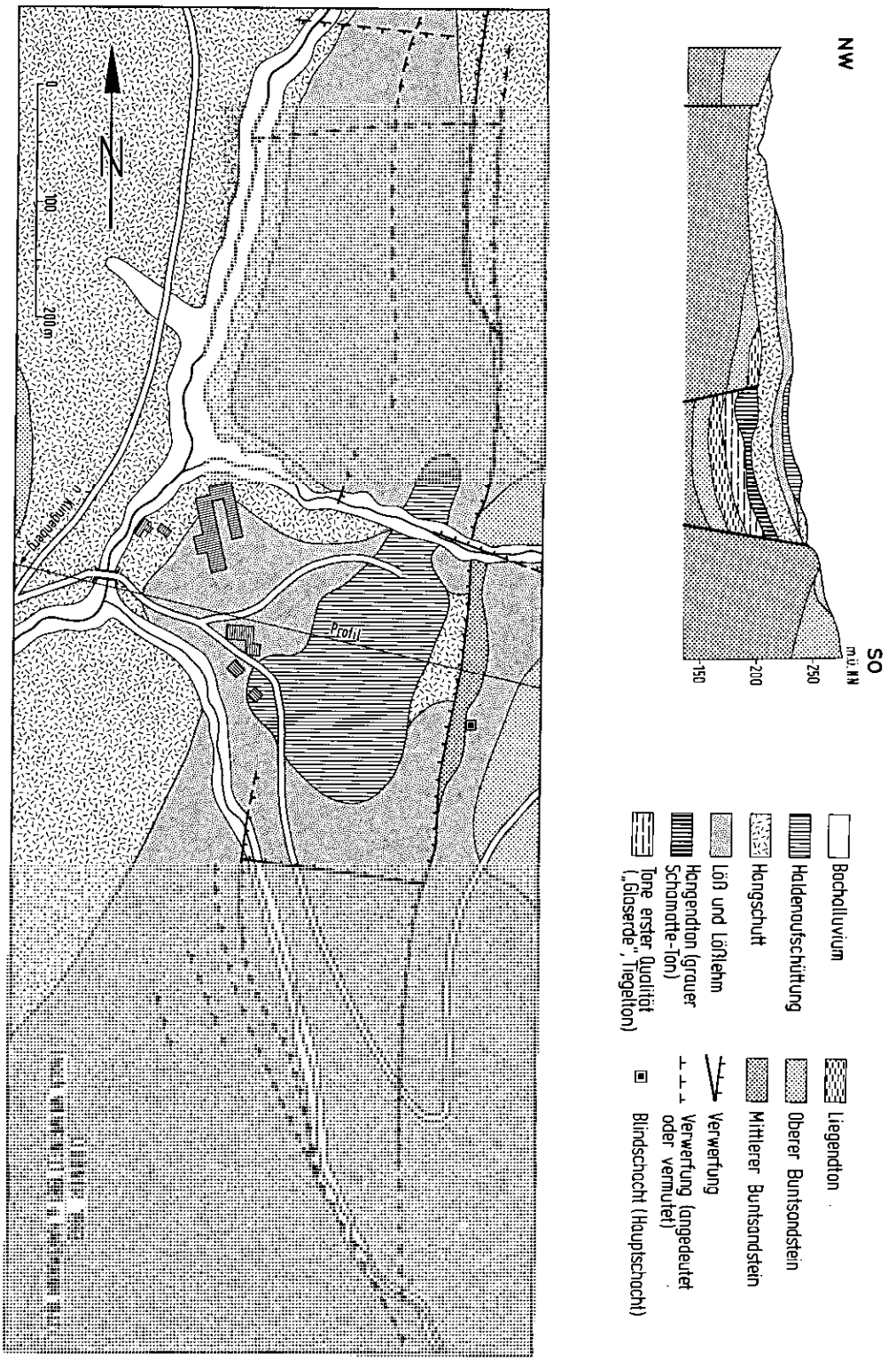


Abb. 7 Geologische Übersicht und Profil durch die Klingenberger Tonlagerstätte

genannt) und grauer Ton mit zwischenlagerndem schwarzgrauem „Bleistiftton". Die Mächtigkeit dieser einzelnen Tone schwankt jeweils. Jede dieser Schichten kann bis 20 m erreichen.

Die Klingenberger und Schippacher Tone zählen qualitativ in ihrer Art zu den besten der Welt. Ihre hervorragenden technischen Eigenschaften beruhen auf mehreren Faktoren: Die Tone sind hochplastisch, homogen und gleichmäßig feinkörnig mit einem Kornanteil $< 2\ \mu$ von 85–98 Gew.-%. Die mineralogische Analyse der Klingenberger Tone ergibt ca. 61% Kaolinit, 4% Montmorillonit, 10% Glimmer (Muskovit) und 25% Quarz und Feldspat. Durch den hohen Kaolinitgehalt erreicht man Seger-Kegel-Werte von 32–33. Die Schippacher Tone sind oft etwas quarzreicher und erreichen Seger-Kegel-Werte von 28–33. Die chemische Analyse ergibt etwa folgende Zusammensetzung (getrocknete Substanz in Gew.-%):

SiO_2:49,0–54,6%; $Al_2O_3+TiO_2$:29,9–33,3%; Fe_2O_3:1,8–6,1%; MgO:0,01–1,4%; CaO:0,07–0,8%; Na_2O+K_2O:0,4–2,4%; Glühverlust:ca. 10%.

Die dunklen Bleistifttone enthalten 0,17–0,34% organischen Kohlenstoff.

Während Teile der Schippacher Lagerstätte ausgebeutet bzw. mit Müll verkippt sind, steht das Klingenberger Vorkommen noch im Abbau. Gegenwärtig geht in einem etwa 270 m langen und 120 m breiten Grubenfeld Untertage-Abbau auf einer 60 m- und einer 70 m-Sohle auf das unterste Tonlager um. Dieses Lager enthält im oberen Teil hellgrauen Ton, der hauptsächlich zu Schmelztiegeln (Klingenberger Tiegelton – Sorte Spezial) verarbeitet wird, und im liegenden Teil dunkle Bleistifttone, die in der Bleistiftproduktion eingesetzt werden (s. Abb. 7).

Tone des Aschaffenburger Beckens (947)

(Albert Dobner)

Das sich während des Tertiärs entlang großer Bruchlinien einsenkende Aschaffenburger Becken wurde zum Ablagerungsraum mächtiger (> 277 m) Sedimente. Die Schichten des älteren Tertiärs sind überwiegend sandig und kiesig ausgebildet. Erst mit dem Pliozän werden vermehrt Feinsedimente und Braunkohlen abgelagert. Vor allem im nördlichen Aschaffenburger Becken zwischen Kleinostheim, Dettingen und Alzenau kamen Tonschichten mit Mächtigkeiten bis 10 m, gelegentlich auch bis 50 m zum Absatz, wobei die mächtigsten zwischen den Braunkohlenlagen und in ihrem Hangenden auftreten. Der Aufbau der einzelnen Tonschichten zeigt, entsprechend ihrer Ablagerung als Süßwassersediment in einem Seebecken, Wechsellagerung. Gefleckte Tone im Wechsel mit gelben, grauen und roten Lagen mit unterschiedlichem Sandgehalt und Sandzwischenlagen bestimmen das Erscheinungsbild. In der Korngrößenverteilung werden alle Übergänge vom feinsten Ton (95% $< 2\ \mu$) bis zum stark sandigen, vereinzelt auch Kies führenden Ton und Schluff beobachtet.

Nach ihrer mineralogischen Zusammensetzung sind die Tone als glimmerreich und kaolinitisch mit geringem Montmorillonitanteil anzusprechen. Der Detritus stammt weitgehend aus dem Kristallin des Spessarts. Die Tonfraktion besteht aus

maximal ca. 34% Kaolinit und ca. 10% Montmorillonit. Die etwas größeren Glimmerminerale, deren Anteil bis über 50% anwachsen kann, sind im Ton- und Schluffanteil vertreten. Die Quarzgehalte, die in sehr feinkörnigen Tonen auf unter 4% absinken, steigen mit zunehmendem Grobkornanteil an. Die Folge davon ist die zunehmende Feuerfestigkeit in feinkörnigen Lagen, die Seger-Kegel-Werte von 33 bis 34 erreichen.

Einer wirtschaftlichen Gewinnung dieser Tone sind von verschiedener Seite Grenzen gesetzt. Zum einen sind die Tone örtlich von mächtigen Grobsediment- und Braunkohlelagen durchsetzt, zum anderen werden die Vorkommen von (bis > 20 m mächtigen) quartären Mainkiesen und -sanden überlagert, die wegen ihrer starken Grundwasserführung (Gefälle 2–6°/oo) erhebliche Probleme bei der Wasserhaltung erwarten lassen.

In Bayern werden diese Tone derzeit nicht gewonnen. Ein ehemaliger Abbau zwischen Dettingen und Kleinostheim (Grube Marie Kunigunde) wurde bereits um 1920 eingestellt. Eine Gewinnung dieser Vorkommen findet heute auf hessischer Seite bei Mainflingen statt. Die Tone finden in der Schamotte- und Ziegelindustrie Verwendung.

Tertiäre Verwitterungslehme (948)

(Albert Dobner)

Malmkalke und -dolomite sowie sandig-kalkige Kreidesedimente bilden das Ausgangsmaterial für die Verwitterungslehme, die insbesondere auf der südlichen Frankenalb, als Rest der tertiären Verwitterungsfläche, weit verbreitet sind. Verschiedene Umlagerungsvorgänge wie Verschwemmung und Solifluktion, die sich ins Quartär fortsetzten, führten dazu, daß die Lehme nicht nur an ihrem Entstehungsort, sondern auch als sekundär gebildete Vorkommen auftreten. Gewöhnlich sind diese Lehme von geringer Mächtigkeit, die nur in Mulden mehrere Meter erreichen.

Die petrographische Ausbildung ist sehr unterschiedlich und wird beeinflußt vom Ausgangsgestein, von der Art der Verwitterung und vom Vermischungsgrad mit Fremdkomponenten wie Solifluktionsschutt oder Lößlehm. In der tonigen Substanz finden sich bei Verwitterungslehm aus Malmkalk, Hornsteine und Kieselplatten als unlösliche Relikte. Auch in den aus Kreidegesteinen hervorgegangenen Lehmen treten Quarzkörner und Hornsteine auf. Auf Grund fehlender Sortierung reicht die Korngröße vom lehmigen Sand bis zum Ton mit einem Korngrößenanteil < 2 µ von über 80%. Aus dem Tonmineralbestand lassen sich Rückschlüsse auf die Art der Verwitterung ziehen. Bei der intensiven Verwitterung im Tertiär kam es zur Kaolinisierung, während die pleistozäne Verwitterung eine Glimmerumwandlung (Illitbildung) bewirkte. Nach den vorliegenden mineralogischen Untersuchungen der Lehme tritt Kaolinit gegenüber Illit bevorzugt auf, daneben bildete sich in staunassen Bereichen Montmorillonit. Wechselschichtminerale sind in unterschiedlicher Menge, Chlorit kaum vertreten.

Über die technischen Eigenschaften dieser Lehme liegen keine Daten vor. Die für eine wirtschaftliche Gewinnung nötigen Voraussetzungen wie günstige Kornzusammensetzung ohne kieselige Verunreinigung, größere gleichbleibende Mächtigkeit und entsprechende laterale Ausdehnung einer Lagerstätte sind nur in seltenen Fällen zu erwarten.

Bentonit (949)

(HERMANN WEINIG)

Bentonit ist ein hochwertiger Spezialton, der in Deutschland nur im Raum Landshut in nennenswertem Umfang bauwürdig vorkommt, weshalb die dortigen Lagerstätten besondere Bedeutung besitzen. Der Name des Tones stammt von der Typlokalität Fort Benton in den USA. In Niederbayern werden die Tone auch Bleicherden oder Weißerden genannt. Das Hauptverbreitungsgebiet der Bentonite reicht vom Raum beiderseits des Isartales südlich Landshut bis Mainburg. In diesem ca. 35x8 km messenden Gebiet treten zahlreiche Einzellagerstätten auf. Vorkommen untergeordneter Bedeutung befinden sich bei Malgersdorf, südwestlich Aichach sowie westlich des Lech bei Krumbach (bzw. Krumbad) und Thannhausen.

Die Bentonite werden als chemisch umgesetzte, saure vulkanische Glastuffe gedeutet. Eine Altersgleichheit mit den Sueviten des Ries bzw. ein Zusammenhang ihrer Bildung mit der Riesentstehung wird diskutiert.

Im Liegenden der Landshut-Mainburger Bentonite befinden sich die mächtigen Landshuter Schotter (vgl. Nr. 811), die allerdings häufig durch feine Sande, mergelige Tone und Mergel der „Sandmergeldecke" überlagert werden. Diese wechselnde, jedoch immer aus Feinsedimenten zusammengesetzte, bis zu mehreren Metern mächtige Folge ist weit verbreitet, kann aber auch fehlen. Der Bereich der Sandmergeldecke ist der bentonithöffige Horizont. Diese bildet in der Regel das Liegende des Bentonits.

Das unmittelbar Hangende der bisher genannten Abfolge bilden häufig sandige Kiese überwiegend der Mittelfraktion, aber auch kiesdurchsetzte Sande und Sande, selten Mergel oder Tone. Diese als Abraum zu bewegende Serie, in der schließlich sandige Fein- bis Mittelkiese vorherrschen, bildet die Kuppen des tertiären Hügellandes. Vor allem ihre Mächtigkeit über dem Bentonit bestimmt zusammen mit dessen Mächtigkeit und Ausbildung die Bauwürdigkeit eines Vorkommens.

Die Mächtigkeit der in sich teils stärker differenzierten Bentonitabfolge kann bis zu 10 m betragen, wobei in der Regel bis max. 3 m, im Durchschnitt nur gut 1 m mächtiger verwertbarer Ton vorliegt.

Die Ablagerungsräume der Bentonite sind Flußrinnen, teils mäanderartig gewunden, die sich „seeartig" ausweiten können. Die Bentonitvorkommen setzen sich in diesen Rinnen oder flachen Mulden – zumindest in bauwürdiger Ausbildung – nicht durchgehend fort. Die Ausdehnung der Lagerstätten schwankt zwischen einigen 100 m^2 bis zu 2–3 Hektar.

Die Bentonite gehören wahrscheinlich nur einem stratigraphischen Bildungshorizont an, dessen Höhe, beeinflußt durch das vorgegebene Relief des Bildungsraumes oder auch infolge geringer tektonischer Versatzhöhen, wenige Meter um das örtliche mittlere Höhenniveau differieren kann. Die Bentonitoberfläche liegt im Raum Mainburg bei durchschnittlich 485 m ü. NN und sinkt bis zur Isar durch leichtes Südfallen der Molasseschichten auf etwa 465 m ab. Südlich der Isar fallen die Bentonite weiter nach Süden ein. Falls noch ausgebildet, wären sie unter dem Talboden der Vils zu vermuten und damit einer wirtschaftlichen Gewinnung entzogen. Östlich Landshut sind die Bentonite an einer Bruchstörung auf über 470 m ü. NN angehoben.

Ausbildung und Eigenschaften: Die in sehr unterschiedlicher Mächtigkeit auftretenden Bentonitabfolgen zeigen häufig folgendes Standardprofil:

Unten liegen oft einige Zentimeter, in Ausnahmefällen wenige Dezimeter reine Tone bester Qualität („Satz"), der auch fehlen kann. Darüber folgen Tone, deren Qualität von Grube zu Grube sowie im Aufschlußprofil selbst wechseln kann. Sie bilden den Hauptanteil der Lagerstätten. Die meist ungeschichtet erscheinenden Tone sind je nach dem Oxidationsgrad ihres akzessorischen Eisengehaltes blaugrau, olivfarben oder gelblich-bräunlich gefärbt. Die Bentonite können vor allem im oberen Profilteil auch feinsandig-schluffig oder durch karbonatische Ausfällungen verunreinigt sein. Unbrauchbare sandig-mergelige Lagen sind bisweilen eingeschaltet. Tone mit besonders hohen Gehalten an Montmorillonit werden als „Gelbton" bezeichnet, während die häufigeren blau- und graufarbenen Bentonite mittlere Qualitäten aufweisen.

Wenn die Bentonitabfolge mächtiger als etwa 2 m ist, schaltet sich oft im Mittelteil ein blaugrauer harter Tuffstein (Tonplatte, Plattenton, harte Platte, kurz: „Platte") ein, der bislang nicht verwertbar ist. Er nimmt Mächtigkeiten bis zu einigen Metern an und keilt bei Mächtigkeitsabnahme der gesamten Bentonitfolge rasch aus. Diese Lage wird als nicht umgesetztes, verhärtetes Ausgangsmaterial gedeutet.

Der grubenfrische Bentonit ist nicht verfestigt, bricht unregelmäßig stückig, mit je nach Ton-Schluffgehalt glatter bis rauher Fläche. Er ist von wachs- bis seifenartiger Beschaffenheit.

FAHN (1973) gibt einen Überblick über die mittlere Zusammensetzung der in weiten Grenzen, d.h. vom unbrauchbaren bis zum hochwertigen Material schwanken Bentonite: Die bauwürdigen Bentonite enthalten zwischen 60% und 90% Montmorillonit, vorwiegend mit austauschfähigen Erdalkali-Ionen. Als weitere tonige Bestandteile treten vor allem Illite und Kaolinit auf, während Quarz, Glimmer, Feldspat u.a. in der Regel untergeordnet vertreten sind.

Folgende chemische Zusammensetzung gilt als charakteristisch (getrocknete Substanz, Gew.-%):

SiO_2:57,0%; Al_2O_3:21,2%; Fe_2O_3:5,1%; CaO:4,5%; MgO:2,1%; K_2O:1,4%; Na_2O:0,2%; TiO_2:0,2%; Glühverlust: 8,2%.

Freilich sind größere Schwankungen möglich. Z.B. Schwankungsbreite aus 4 Analysen:

SiO_2:52–70%; TiO_2:0,4%; Al_2O_3:13,3–25,1%; Fe_2O_3:2,2–6,0%; MnO:0,09–0,34%; CaO:0,5–2,8%; MgO:0,4–2,9%; K_2O:0,8–4,1%; Na_2O:1,33–1,57%; Glühverlust: 6,5–22,0%.

Die Bentonite enthalten in grubenfrischem Zustand Wassergehalte von 35 bis 40%.

Bentonit besitzt aufgrund seines hohen Montmorillonitgehaltes starke Quellfähigkeit verbunden mit hoher Ionenaustauschkapazität und hohem Adsorptionsvermögen, Eigenschaften, die nach der Aufbereitung des Rohbentonits genutzt werden. In suspendierter Form besitzt Bentonit die Eigenschaft der Thixotropie.

Die Bentonite (ehem. „Weißerden") des Malgersdorfer Raumes liegen in Höhenlagen zwischen 430 und 440 m ü. NN. Über den Profilaufbau ist mangels jüngerer Aufschlüsse wenig bekannt. Sie gelten – soweit zu lokalisieren – als derzeit nicht bauwürdig.

Die Bentonitvorkommen des Gebiets zwischen Aichach und Augsburg (Wulfertshausen – Zahling) sind geringmächtig, teils jedoch als Gelbton ausgebildet. Die Bauwürdigkeit dieser offenbar in einem enger begrenzten Gebiet unter nur wenigen Metern Bedeckung in einer Höhe von 505–510 m ü. NN liegenden Bentonite ist derzeit noch nicht gegeben.

Bei den Bentoniten östlich Thannhausen und bei Krumbad (östlich Krumbach) handelt es sich offensichtlich um eng begrenzte Verbreitungsgebiete. Bei Thannhausen wurde der Abbau auf 1,5–3 m mächtigen Bentonit unter hartem Tuff wegen Erschöpfung der Lagerstätte eingestellt. Die Basis des von quartären Schottern überdeckten Vorkommens liegt bei 540 m ü.NN.

Bei Krumbach ist bis jetzt nur der Ausstrich von einigen (5–7 ?) Metern hartem Tuff (als Hangendes des Bentonites?) über eine Erstreckung von 200–300 m nördlich der Heilstädte in einer Höhenlage von etwa 550 m ü. NN nachgewiesen.

Gewinnung und Verwendung: Die Ende des 19. Jahrhunderts im Malgersdorfer Gebiet und im Landshuter Raum – dort erstmals 1906 bei Kronwinkl – abgebaute Weißerde wurde zuerst zum Färben, dann zum Bleichen (Bleicherde) verwendet. Die Gewinnung verlagerte sich bald ganz auf den Mainburg–Landshuter Raum und entwickelte sich nach dem 2. Weltkrieg unter zunehmender Ausnutzung der chemisch-physikalischen Eigenschaften zum heutigen Stand. Die Abbaue liegen heute ausschließlich im Hauptverbreitungsgebiet zwischen Landshut und Mainburg. Dort werden in ziemlich kurzlebigen, oft nur wenige Jahre offenen Gruben die Bentonite unter Deckschichten bis über 25 m Mächtigkeit – heute nur noch im Tagebau – gefördert. Im Schnitt stehen etwa 20 Gruben in diesem Gebiet in Abbau.

Nach der Gewinnung werden die Abbaue wieder mit dem Hangendmaterial verfüllt. Wegen des im Verhältnis geringen Massenverlustes durch die Bentonitentnahme kann das Gelände nahezu in ursprünglicher Form wiederhergestellt werden.

Die Aufsuchung von Bentonitlagerstätten erfolgt laufend durch Bohrungen, die sich an dem o.a. Höffigkeitshorizont orientieren. Nur ein Teil der noch zahlreich zu vermutenden Einzelvorkommen sind im bisher vom Abbau berührten Gebiet bekannt.

Der Bentonit wird nach Erfahrung und Augenschein, unterstützt durch häufige Materialanalysen, selektiv nach Qualitätsmerkmalen abgebaut (Rohbentonit) und in vielfältiger spezieller Verfahrenstechnik zu verschiedenen (z.B. mit verschiedenen Ionenarten aktivierten) Bentonitprodukten aufbereitet.

Die Vielfalt seiner Anwendung, vor allem im Bereich der chemischen Industrie im weitesten Sinne, macht die besondere Bedeutung dieses Rohstoffes offenkundig. Die Anwendungsbereiche können hier nur stichpunktartig in zusammengefaßter Weise aufgeführt werden. So dienen Bentonitprodukte vor allem:

zur Raffination, zum Entfärben, zum Reinigen von Speiseölen, Speisefetten, Zucker, Wein u.a. Getränken, Industrieölen, -fetten etc.
als Träger von Katalysatoren, Insektiziden u.ä., als Füllstoff für plastische u.ä. Massen.

Sie werden weiter benötigt von der Pharmazeutischen Industrie (Rohstoff für Medikamente, Salben etc.), der Gießereiindustrie (Formsandbinder), der Bohrtechnik (Bohrspülungsmittel), dem Hüttenwesen, der Bauindustrie (Zusatz für Spezialbeton, Dichtungsmittel, Gleitmittel), der keramischen Industrie, der Bitumenverarbeitung, der Farben- und Lackindustrie. (Näheres zur industriellen Verwendung der Bentonite s. bei FAHN & BUCKL 1968).

Am Rande sei der je nach Bedarf vorgenommene Abbau der harten Platte, des „Badsteines" von Krumbad erwähnt, der in gemahlener Form als „Krumbader Heilschlamm" zu medizinischer Anwendung gelangt.

Stand 2000

Tone, Mergel und Lehme des Quartärs

(ALBERT DOBNER)

Tone (950)

Während des Quartärs konnten sich im limnisch-fluviatilen Milieu in zeitweise abgeschnürten Restbecken oder Flußarmen Ablagerungen von Feinsedimenten bilden. Im Gegensatz zu den Seetonen, die in großer Mächtigkeit in von Gletschern ausgeräumten Becken sedimentiert wurden (vgl. Nr. 952), erreichen die Tone im periglazialen Bereich in der Regel nur wenige Meter Mächtigkeit. Die dunkelgrauen, grauen bis graugelben Tone sind häufig durchsetzt von Sandlagen, örtlich auch von kobligen Schichten. Diese Ablagerungen können schlechthin als Tone bezeichnet werden. Genaue Korngrößenuntersuchungen ergaben, daß der Tongehalt (Korngröße $< 2\ \mu$) nur in Ausnahmefällen ca. 40% erreicht, gewöhnlich aber zwischen 20 und 30% liegt. Daher wäre in den meisten Fällen für diese Sedimente die Bezeichnung „tonig-sandiger Schluff" exakter. Über die mineralogische Zusammensetzung liegt nur eine Untersuchung aus der Grube bei Welden (NW

Augsburg) vor. Hauptbestandteile dieser Probe sind Quarz (41,4%), Glimmer (15,3%), Illit (15,6%) und Montmorillonit (20,0%). Nebengemengteile sind Feldspat 3,9% und Kaolinit 2,7%. Opake und sonstige Schwerminerale liegen jeweils unter 1%. Es ist anzunehmen, daß der Mineralbestand je nach Einzugsgebiet und Korngröße starken Schwankungen unterliegt und so keine allgemeinen Hinweise auf die technischen Eigenschaften gegeben werden können, die von Fall zu Fall zu ermitteln sind.

Vorkommen von quartären Tonen, die auf Grund ihrer Mächtigkeit und Ausdehnung den heutigen Erfordernissen für eine bauwürdige Lagerstätte entsprechen, sind selten. Zur Zeit werden sie nur als beibrechendes Material in Gruben für Ziegeleirohstoffe bei Hösbach, Weißenburg und Welden abgebaut. Historisch erwähnenswert ist der Abbau bei Hafenlohr, auf dem das von dort bekannte Töpferhandwerk basiert.

Löß und Lößlehm (951)

Löß und Lößlehm sind in Bayern weit verbreitet und bilden die Rohstoffbasis vieler Ziegeleien. Löß ist ein äolisches Sediment. Er entstand jeweils im Hochglazial der Eiszeiten durch Auswehung aus Flußtälern und Schotterfluren und Ablagerung in der Umgebung. Durch spätere Auflösung des $CaCO_3$-Anteils kann er zu Lößlehm umgewandelt sein.

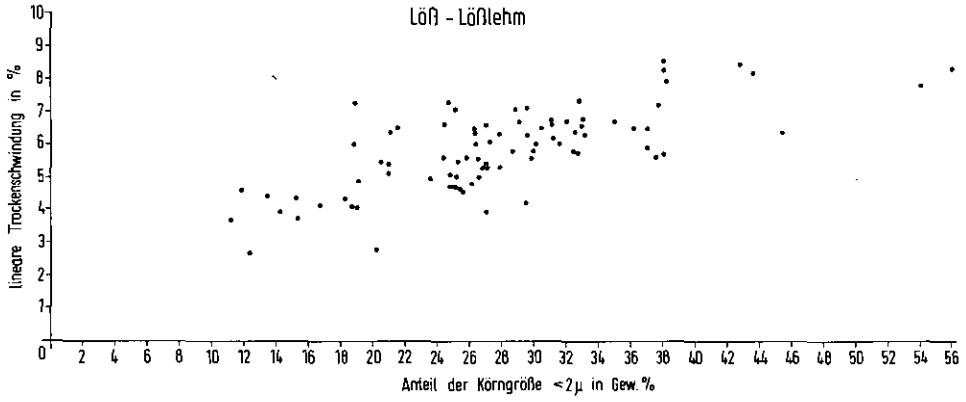


Abb. 8 Beziehung zwischen linearer Trockenschwindung und dem Tonanteil (Korngröße < 2 µ)

Der heute noch weitgehend erhaltene Löß wurde überwiegend während der letzten Eiszeit (Würm-Eiszeit) gebildet. Er ist ein karbonathaltiger, schwach toniger, feinsandiger Schluff von gelbbrauner Farbe. Lößlehm stellt das Verwitterungsprodukt von Lößablagerungen vorwiegend aus älteren Eiszeiten dar. Häufig sind diese Sedimente durch Solifluktion oder Verschwemmung umgelagert und dadurch mit gröberen Komponenten wie Sand und Kies vermengt. Der Verlehmungsprozeß ist charakterisiert durch eine weitgehende Entkalkung und Verbraunung des Sediments. Während präwürmzeitliche kalkreiche Lösse selten vorkommen, sind solche aus der Würm-Eiszeit häufig zu beobachten.

Die Hauptverbreitungsgebiete von Löß und Lößlehm sind Mainfranken zwischen Hochspessart und Steigerwald, die alt- und mittelpleistozänen Schotterterrassen der Flüsse des Alpenvorlandes und des Donautales sowie weite Bereiche des tertiären Hügellandes. Durch vielfältige Sedimentations-, Erosions- und Umlagerungsvorgänge sind die verschiedensten Lagerstättenausbildungen entstanden. In einem idealisierten Profil unterscheidet man unter dem rezenten Boden einen Oberen Löß, der von einem Unteren Löß durch einen (Mainfranken) oder zwei (Südbayern) dunkelgefärbten fossilen Bodenhorizont getrennt ist. Darunter liegen umgelagerte Lösse mit eingelagertem gröberem Material (sog. „Basisfließerden"), die zu den liegenden Lößlehmen des Mittel- und Altpleistozäns überleiten. Präwürmeiszeitliche Lösse sind in der Regel in Lößlehme umgewandelt. Nur selten sind Lösse in niederschlagsarmen Gegenden (z. B. Straubinger Becken und Franken) erhalten geblieben. Nicht selten treten im Lößlehm graumarmorierte, dichte und von Eisenkonkretionen durchsetzte Varietäten (Pseudovergleyung) auf, die Reduktionszonen darstellen und bevorzugt an feine Risse und Wurzelröhren gebunden sind.

Die Lößlehme sind nur zum Teil in situ entstanden, sondern auch oft durch Solifluktion oder Verschwemmung umgelagert. Dadurch sind häufig Fremdkomponenten (Gerölle, Kies, Sand) in Form von Lagen, Schnüren oder Linsen eingelagert. Besonders oft und in größerer Mächtigkeit kann man dies am Hangfuß beobachten. In den höheren Hanglagen sind die Profile nicht selten gekappt. Die Sedimente erreichen Mächtigkeiten bis 10 m, in Ausnahmefällen auch über 15 m.

Ausbildung und Eigenschaften: Als äolisches Sediment hat der Löß einen relativ gleichkörnigen Kornaufbau mit Sortierungsgraden von etwa 2,0–3,5 und einem Kornmaximum im Grobschluffbereich (0,02–0,06 mm). Beim Verlehmungsprozeß erfolgt eine Zunahme des Tonanteils. Die vorliegenden Korngrößenanalysen (Abb. 3) umfassen sowohl Löß als auch Lößlehm und stammen vorwiegend aus Ziegeleigruben. Das Material hat in der Regel folgende Kornzusammensetzung: Tonanteil $< 2\ \mu$: 15–40%, 2–20 µ: 17–35%; $> 20\ \mu$: 35–45%. Höhere Gehalte der Fraktion $> 20\ \mu$ leiten zum Sandlöß und Flugsand über. Dieser Übergang liegt in der Nähe der als Liefergebiete dienenden großen Flußtäler und ist in Nordbayern besonders ausgeprägt. Die Höchstgrenze des beim Verlehmungsprozeß entstehenden Tonanteils ist durch den verwitterbaren Anteil an Glimmer und Feldspäten vorgegeben. Im allgemeinen enthalten die südbayerischen Vorkommen etwas mehr Feinanteile.

Zur Herstellung grobkeramischer Massen ist unter anderem der Karbonatgehalt ($CaCO_3$, $MgCO_3$) ein wichtiger Faktor. Die primär mitantransportierten Karbonatteilchen wurden häufig gelöst und umgelagert. Beim Löß überzieht das Karbonat in dünnen Häutchen und Krusten die Quarz- und Feldspatkörner und verkittet diese miteinander. Bevorzugt lassen sich Karbonatausscheidungen auf Anlösungsflächen und in feinen Wurzelröhren beobachten. Durch den Verlehmungsprozeß kommt es zur Lösung und zum nahezu vollkommenen Abtransport des Karbonats. Daher läßt sich der Karbonatgehalt als Maßstab für den Verwitterungsgrad verwenden. Wegen der unterschiedlichen Löslichkeit verschiebt sich das Verhältnis Calcit/Dolomit zugunsten des Dolomits. Das gelöste Karbonat setzt sich in tieferliegenden Horizonten nicht selten als konkretionäre

Ausscheidung („Lößkindl", „Lößpuppen"), aber auch in plattiger Form ab. Derartige Absonderungen, deren Größe im cm- bis dm-Bereich liegt, sind in Ziegelmassen unerwünscht und bedürfen einer Aufbereitung durch Feinmahlung.

Der Karbonatgehalt ist je nach Herkunftsgebiet und Verlehmungsgrad verschieden. Lößlehme sind weitgehend kalkfrei und enthalten maximal ca. 3–4% Karbonat, wobei der MgO- gegenüber dem CaO-Anteil überwiegt. Neben dem Grad der Verlehmung ist die Herkunft des Sediments von Bedeutung. Die geringsten Karbonatgehalte finden sich im Löß Mittelfrankens (ca. 7–10%), in Mainfranken kann der Gehalt bis ca. 20% ansteigen. Er erreicht in Südbayern allgemein ca. 30–35%, im westlichen Niederbayern ca. 35–40%, in einzelnen Schichten sogar bis 58%.

In karbonatreichen Sedimenten überwiegt das $CaCO_3$ bei weitem das $MgCO_3$; das Mengenverhältnis $CaCO_3$: $MgCO_3$ variiert von 4:1 bis 30:1.

Neben dem Karbonatgehalt spielt Quarz, der den Hauptanteil des Sedimentes mit ca. 35% bis über 60% stellt, eine wichtige Rolle. Innerhalb der Kornverteilung zeigt er ein Maximum in der Fraktion über 20 µ, in der Fraktion < 2 µ tritt er nur in Spuren auf. Eine ähnliche Kornverteilung ist bei den Felspäten zu beobachten, die 4- bis 6mal weniger als Quarz vorkommen. Die Glimmer Muscovit, Biotit und Chlorit sind überwiegend im Korngrößenbereich 6 bis 60 µ angereichert. Bei den Tonmineralen, die den Hauptanteil der Fraktion < 2 µ stellen, ist Illit das vorherrschende Mineral. Montmorillonit und Illit-Montmorillonit-Wechsellagerungsminerale treten jeweils nur in wenigen Gewichtsprozenten auf. Kaolinitgehalte (bzw. Fireclay-Minerale) können örtlich bis knapp 20% des Tonanteils ausmachen.

Entsprechend der großen Streuungsbreite der mineralogischen Zusammensetzung schwanken die Werte der chemischen Analysen. So ergaben z.B. 12 Analysen von Lößlehmen aus dem Raum München und aus Niederbayern folgende Werte (getrocknete Substanz, Gew.-%):

SiO_2:65,0–76,9%; Al_2O_3:6,2–15,7%; Fe_2O_3:2,2–6,7%; CaO:0,1–1,7%; MgO:0,9–1,6%; K_2O:0,6–2,5%; Na_2O:0,3–1,9%; Glühverlust:4–6%.

Löß und im besonderen Maße Lößlehm zählt aus technischer Sicht mit zu den am schwierigsten zu verarbeitenden Rohstoffen. Die lineare Trockenschwindung liegt in der Regel zwischen 4,0 und 7,5%, bei stark sandigen Massen bis 2,5%, wobei jedoch nur eine begrenzte Abhängigkeit vom Anteil der Fraktion < 2 µ besteht (siehe Abb. 3). Das Ausmaß der Brennschwindung hängt zu einem großen Teil vom Karbonatgehalt ab. Legt man eine Brenntemperatur von 1000° C zugrunde, so liegt die Brennschwindung bei karbonatreichen bis mäßig karbonatführenden Lössen meist unter 1%. Bei karbonatarmen Massen werden Brennschwindungen bis über 2% gemessen, die sich bei karbonatfreien Lößlehmen bis über 5% steigern können.

Eine generell gültige graphische Darstellung des Dehnungs- und Schwindungsverhaltens (Dilatometerkurve) läßt sich aufgrund des unterschiedlichen Ausgangsmaterials nicht darstellen. Nach den vorliegenden Laboruntersuchungen kann nur

ein allgemeines Verhalten von Massen (Lößlehm) beschrieben werden. Nach einer minimalen Dehnungsphase bis ca. 120° C beginnt die Masse leicht zu schwinden. Diese Schwindungsphase ist bei ca. 200–250° C abgeschlossen und geht in eine Dehnung über, welche die vorangegangene Schwindung kompensiert. Zwischen 600° C und 800° C beginnt sich die Dehnung zu verlangsamen. Je nach Zusammensetzung beginnt ab 820° C–880° C die endgültige starke Schwindung des Materials. Ziegelmassen aus Lößlehm zeigen fast immer eine gewisse Anfälligkeit zur Trockenrißbildung, die beim Einsatz von Vakuumpressen noch verstärkt wird. Bei hohem Quarzgehalt sind sie durch Kühlrisse („Quarzsprung" bei 575° C) gefährdet.

Diese Schwierigkeiten können weitgehend durch die Regulierung der Luftfeuchtigkeit beim Trocknen bzw. durch die Wahl der Kühlkurve beseitigt werden. Als positive Eigenschaft des Materials ist die hohe Druckfestigkeit des gebrannten Scherbens hervorzuheben, dessen Rohdichte weitgehend vom Karbonatgehalt bestimmt wird. Die Scherbenrohdichte bei karbonathaltigen Massen liegt bei 1,7–1,9 g/cm^3, karbonatarme und karbonatfreie Massen ergeben Scherbenrohdichten zwischen 1,9 und 2,2 g/cm^3. Diese Werte gelten für Brenntemperaturen von 1000° C. Der hohe Eisengehalt erzeugt beim Brennen die typisch ziegelrote Farbe, die vor allem bei der Herstellung von Dachziegeln erwünscht ist.

Gewinnung und Verwendung: Gewonnen werden Löß und Lößlehm an vielen Stellen in Bayern. Verwendung finden sie bei der Herstellung von Hintermauersteinen und als Hauptbestandteil von Dachziegel- und Klinkermassen, wobei bei den letztgenannten möglichst kalkfreie Varietäten bevorzugt eingesetzt werden. Beim Abbau derartiger Lagerstätten wird aufgrund der Höhenlage nur selten Grundwasser angeschnitten, so daß die Rekultivierung ausgebeuteter Gruben wenig Probleme bereitet. Aus abbautechnischer Sicht ist zu erwähnen, daß Löß bei der Verlehmung viel von seiner Porosität verliert und dadurch sein inneres Gefüge verändert. Dies bedingt eine Verschlechterung der bodenmechanischen Eigenschaften. Die vorhandene scheinbare Kohäsion wird bei starkem Regen wegen des geringen Porenraumes aufgehoben, so daß Böschungen rutschen können. Überlagert Löß wasserstauende Horizonte, können sich im Staubereich weiche, gleitfähige Schichten bilden.

Vorkommen: In Südbayern bleiben die würmeiszeitlichen äolischen Sedimente im Gegensatz zu den mittel- und altpleistozänen Ablagerungen oft auf die talbegleitenden Bereiche der großen Flüsse beschränkt. Die Südgrenze kalkführender Lösse ist etwa mit der Linie Burghausen – München – Memmingen gegeben. Südlich davon sind würmeiszeitliche Lösse durch die höheren Niederschläge (> 900 mm/a) weitgehend entkalkt und verlehmt. Eine generelle Zunahme der Entkalkung ist nicht nur von Norden nach Süden, sondern auch von Osten nach Westen festzustellen. Lößlehme, die aus mittel- und altpleistozänen Lössen entstanden sind, sind weit verbreitet. Ihre Vorkommen erstrecken sich von den würmeiszeitlichen Endmoränen im Süden bis auf die südliche Frankenalb, woraus zu erkennen ist, daß die Sedimentation im Mittel- und Altpleistozän wesentlich weiter um sich griff als die während der letzten Vereisungsphase. Die bevorzugten Ablagerungsräume für Löß waren bzw. Verbreitungsgebiete für Lößlehm sind die Hochterrassen der Donau, der Isar und

des Inns, die Altmoränenbereiche und die Deckenschotter zwischen Lech und Iller. Bedeutende Vorkommen sind auch im tertiären Hügelland anzutreffen. Hier lagern diese Sedimente vorzugsweise auf den nach Osten abfallenden Hängen. Die hier von Westwinden im Lee der Hügelketten abgesetzte Staubfracht bewirkte die Bildung typisch asymmetrischer Täler mit steilen West- und flachen Osthängen. An den steileren Westhängen konnte sich Löß nur in buchtenähnlichen Geländeformen absetzen. Diese Vorkommen sind jedoch meist von untergeordneter Bedeutung.

In Nordbayern überdecken Lößlehme das mainfränkische Gebiet zwischen Steigerwaldstufe und Hochspessart auf weiten Flächen. Ihre Entstehungszeit fällt fast ausnahmslos in die Würmeiszeit. Lößlehme, die auch älteren Eiszeiten angehören, sind flächenhaft nur dort anzutreffen, wo sie primär in größerer Mächtigkeit sedimentiert und von der Erosion verschont wurden, wie an der Ostabdachung des Spessart und des fränkischen Odenwaldes. Als Reste einer ehemals flächenhaften Verbreitung können die Vorkommen im Bereich des Muschelkalkes angesehen werden. Auch auf der südlichen Frankenalb sind große Areale von Löß- und Lößlehmdecken überzogen, deren Mächtigkeit gegen das Donautal zunimmt. Die oben genannten Bereiche stellen die Hauptverbreitungsgebiete dar. Daneben können auch im übrigen Schichtstufenland und im kristallinen Vorspessart einzelne Vorkommen von Bedeutung sein.

Im ostbayerischen Grenzgebirge (Frankenwald bis Bayerischer Wald) trifft man nur selten auf Löß- und vereinzelt auf Lößlehmvorkommen.

Die während der Ablagerungszeit vereisten Gebiete (Jungmoränen und Alpen) sind nahezu frei von derartigen Bildungen.

Seeton (952)

Innerhalb des Moränenbereiches Südbayerns haben sich nach dem Rückzug der Gletscher an verschiedenen Stellen Feinsedimente abgesetzt. Bevorzugte Bereiche waren die von den Gletschern verlassenen Seebecken, in denen das als Gletschertrübe antransportierte feinkörnige Material sedimentiert wurde. Die größte Verbreitung besitzen noch würmeiszeitliche Seetone, die an die Nord-Süd verlaufenden Glerscherzungenbecken gebunden sind. Es ergeben sich Vorkommen, die eine Ausdehnung von mehreren Kilometern besitzen. In den älteren Eiszeiten entstandene Seetone sind weitgehend durch die nachfolgenden Gletschervorstöße ausgeräumt oder mit Moränenmaterial überdeckt. Die Mächtigkeit der postglazialen Vorkommen schwankt von wenigen Dezimetern bis mehrere Zehnermeter. Die größte Mächtigkeit wird mit 250 m südlich des Chiemsees bei Grassau angegeben.

Ausbildung und Eigenschaften: Generell herrschen bei den Seetonen graue Farben vor, die von hellgrau über graublau bis dunkelgrau variieren können. Im verwitterten Zustand zeigen die Seetone vermehrt braune und gelbliche Farbtöne. Der Sedimentkörper ist nur selten einheitlich aufgebaut. Häufig finden sich rhythmische Wechsellagerungen von Ton mit Schluff und Feinsand in Zentimeter-Intervallen, fließende Übergänge von Grob- zur Feinkörnigkeit und plötzliche Wechsel von Ton zu Sand an Erosionsrinnen.

Die sandfreien oder sandarmen Feinsedimente, die heute für die Ziegelherstellung von Interesse sind, liegen in den meisten Fällen als tonige Schluffe vor. Nur in wenigen Fällen überwiegt der Tonanteil (Abb. 3). Der Name „Seeton" ist daher nicht immer exakt, er hat sich aber im Sprachgebrauch für die Gesamtheit dieser Sedimente eingebürgert.

Entscheidender Faktor für die Verwendbarkeit als Ziegelrohstoff ist der Karbonatgehalt in Form von Calcit und Dolomit. Vorliegende Untersuchungen lassen den Schluß zu, daß der Karbonatgehalt regional unterschiedlich ist und vom Verwitterungsgrad abhängt. In unverwittertem Zustand sind Seetone jedoch kalkreich. Regionale Unterschiede lassen sich durch die verschiedenen Einzugsbereiche der Gletscher erklären. So treten im Bereich des Iller-, Lech-, Loisach- und Isargletschers, die ihr Material überwiegend aus den Kalkalpen bezogen haben, meist Mergel (Karbonatgehalt 35–65%), Kalkmergel (65–75%) und mergelige Kalke (75–85%) und sog. „Seekreiden" oder „Bergkreiden" auf. Tonmergel (25–35%) finden sich hier untergeordnet. Im Becken des Inn- und Salzachgletschers, deren Einzugsbereich bis in den kristallinen Teil der Alpen reichte, sind die Karbonatgehalte geringer, es überwiegen Tonmergel. In geringerer Zahl finden sich auch Mergel. Im Verwitterungsbereich können die Karbonatgehalte unter 20% absinken. Das Verhältnis $CaCO_3$: $MgCO_3$ schwankt gewöhnlich zwischen 2:1 und 5:1, in Ausnahmefällen kann es auch bis ca. 20:1 ansteigen. Trotz des mittleren Eisengehaltes von 2–4% Fe_2O_3 erzielt man durch den hohen Karbonatgehalt einen hellen gebrannten Scherben, dessen Rohdichte unter 1,8 g/cm^3 und dessen Wasseraufnahme bei Atmosphärendruck bei ca. 20% liegen. Diese Werte beziehen sich auf eine Brenntemperatur von 1000° C und einen Karbonatgehalt von 30–35%.

Die chemische Analyse eines Seetons aus dem Einzugsbereich des Illergletschers ergab folgende Werte (getrocknet in Gew.-%):

SiO_2:39,8%; Al_2O_3+TiO_2:13,2%; Fe_2O_3:2,4%; CaO:14,5%; MgO: 3,6%; Na_2O:2,5%; K_2O:3,6%; org. C:1,2%; Glühverlust:20,2%.

G e w i n n u n g u n d V e r w e n d u n g: Da Rohstoffe für die Ziegelproduktion bestimmte Karbonatgehalte nicht überschreiten dürfen, werden dem Seeton, dort wo er als Hauptbestandteil der Ziegelmasse verwendet wird, karbonatfreie oder karbonatarme Rohstoffe zugeschlagen. Sehr karbonatreiche Seetone können nur als Zusatzmassen zu karbonatfreiem Material verwendet werden. Daher konzentriert sich die Abbautätigkeit auf die Bereiche, die karbonatärmere Lagerstätten beinhalten, wobei auch hier beim Auftreten von sehr karbonatreichen Schichten (etwa > 35%) ein selektiver Abbau erfolgen muß. Gewonnen werden Seetone derzeit bei Tittmoning an der Salzach, im Raum zwischen Rosenheim und Wasserburg am Inn sowie bei Kempten.

Stand 2000

Auenlehm und Schwemmlehm (953)

A u e n l e h m e verdanken ihre Entstehung in erster Linie den über die Ufer tretenden Flüssen. Diese Hochflutabsätze überlagern in den postglazialen Talauen die kiesig-sandigen Talfüllungen in einer Mächtigkeit, die im Regelfall 3 m nicht übersteigt und nur in Ausnahmefällen mehr als 4 m beträgt. Mächtigere Auenlehme liegen bevorzugt in Einmuldungen und ehemaligen Flußschlingen und können von

grobkörnigem Material oder humosen Zwischenlagen durchsetzt sein. Flächenhaft verbreitete Auenlehmdecken schwanken zwischen wenigen Dezimetern und etwa 2 m.

Die Kornzusammensetzung der braunen bis braungelben, in Grundwassernähe auch grauen Sedimente ist geprägt durch hohen Sand- und Schluffanteil. Der Kalkgehalt ist abhängig vom Einzugsgebiet des Flusses und ist meist gering bis mäßig. In einigen Bereichen, wie z.B. im Erdinger Moos, liegen Auenmergel in weitflächiger Verbreitung vor.

Schwemmlehme, die als sog. „kolluviale Bildungen" nur über kurze Entfernungen transportiert wurden und meist am Hangfuß oder in Trockentälern zur Sedimentation kamen, schwanken stark in ihrer Mächtigkeit und enthalten häufig unsortierte und grobe Bestandteile.

Auen- und Schwemmlehme stellen Rohstoffvorkommen von nur mäßiger Qualität für grobkeramische Erzeugnisse dar. Nur bei gleichmäßiger, feinkörniger Ausbildung erlangen sie als Zuschlagstoff örtlich Bedeutung. Gewonnen werden diese Lehme bei Rosenheim, wo sie zur Herabsetzung des Kalkgehaltes der Seetone eingesetzt werden. Die beim Cham gewonnenen Lehme dienen neben anderen Tonen zur Aufbesserung des sandig grusigen Kristallinzersatzes.

Bindige Moräne (954)

Moränenmaterial, das von den aus dem Alpenbereich austretenden Gletschern in mehreren Vereisungsphasen ins Vorland transportiert wurde, ist als Rohstoff für grobkeramische Erzeugnisse nur bedingt geeignet. Die Mächtigkeit der häufig in Wallform angelegten Glazialsedimente erreicht gewöhnlich mehrere Zehnermeter, manchmal auch über 100 m. Die Moräne besteht überwiegend aus unsortiertem bis schlecht sortiertem, lehmig-schluffigem, sandigem Kies. Stellenweise treten die gröberen Komponenten zurück, so daß – unterstützt durch Verlehmungsprozesse und bevorzugt in den Grundmoränen der Günz-, Mindel- und Rißeiszeit – auch Material mit höherem Ton- und Schluffanteil (< 0,06 mm) enthalten ist. Tonanteile von über 25% bezogen auf einen größeren Profilbereich sind jedoch selten.

Nur ton- und schluffreiche Sedimente können als Zuschlag für grobkeramische Massen eingesetzt werden, jedoch wirkt sich häufig nicht nur die Größe der Gerölle, sondern auch ihre überwiegend kalkige Zusammensetzung störend aus. Will man Kalkabsprengungen vermeiden, bedarf es einer entsprechenden Zerkleinerung der Grobkomponenten.

Das früher manchmal Ziegelmassen zugemischte Moränenmaterial genügt den heutigen Anforderungen an Qualität nur in Ausnahmefällen. Derzeit wird bindige Moräne in geringem Umfang nur noch bei Mittelstetten abgebaut.

Das Verbreitungsgebiet der älteren Moränen wird nach Norden etwa durch die Linie Grönenbach – Bad Wörishofen – Mering bei Augsburg – Maisach – Oberhaching bei München – Erding – Waldkraiburg – Burghausen begrenzt. Die jüngeren, würmeiszeitlichen Moränen wurden weiter südlich abgelagert, ihre Endmoränen liegen zum Teil mehrere Zehnerkilometer südlich der vorher genannten Linie.

Zur Brennfarbe grobkeramischer Rohstoffe

(ALBERT DOBNER)

Der im Folgenden gebotene Überblick über die Ursachen der Brennfarben kann in diesem Rahmen verständlicherweise keine Details wiedergeben, er soll vielmehr die in der Beilage 2 angegebenen Brennfarben kurz erläutern.

Der wichtigste färbende Bestandteil der in den vorangegangenen Kapiteln beschriebenen keramischen Rohstoffe ist das Eisen. In den rotbraunen Lehmen und Tonen liegt es meist als feinverteilter Hämatit (Fe_2O_3) oder als verschiedene davon abzuleitende Hydroxide (α-FeOOH = Nadeleisenerz; γ-FeOOH = Rubinglimmer) vor. Unter reduzierenden Bedingungen werden diese Verbindungen des Eisens aufgelöst, so daß in den Sedimenten die graue, grüngraue oder weißgraue Eigenfarbe der Sedimente hervortritt.

Beim Brennprozeß werden diese Eisenverbindungen unter Sauerstoffaufnahme in Hämatit, soweit nicht schon als solcher vorliegend, übergeführt. Bei einer weniger sauerstoffhaltigen Brennatmosphäre und den entsprechenden Reaktionspartnern können auch andere Oxide entstehen, die jeweils dem gebrannten Produkt die typische Farbe verleihen. Die Intensität der Färbung ist dabei nicht nur von der Menge des färbenden Minerals abhängig, sondern auch von der

- Art des färbenden Minerals
- Anwesenheit von Alkali- und Erdalkalimineralen (Flußmittel)
- Brenntemperatur und Haltezeit
- Brennatmosphäre
- Korngröße bzw. Verteilung der färbenden Bestandteile.

Wird das Eisen beim Brennen in Hämatit umgewandelt, so wirkt es schon in geringen Mengen stark rot oder rotbraun färbend. Wird es dagegen in eine Spinellstruktur (allgemeine Formel AB_2O_4; z.B. $MgOAl_2O_3$ oder Fe_3O_4) eingebaut, färbt es weniger intensiv. Welches Mineral gerade gebildet wird, hängt von der Brenntemperatur, Brennatmosphäre und den Reaktionspartnern ab. Bei ca. 900° C und oxidierenden Bedingungen beginnt die Umwandlung der Eisenminerale in Hämatit, der dann bei ca. 1200°–1300°, je nach Anwesenheit bestimmter Bestandteile oder reduzierender Atmosphäre in Magnetit (Fe_3O_4) übergeht. Magnetit erzeugt graue bis schwarze Farben und ist ein schwächeres Färbemittel als Hämatit. Bei Abkühlung ist diese Reaktion umkehrbar, wenn Sauerstoff zutreten kann. Eine ähnliche umkehrbare Reaktion kann stattfinden, wenn Fe_2O_3 über Fe_3O_4 bis zu FeO (Wüstit) reduziert wird. Voraussetzung für die Rückreaktion ist ebenfalls eine Sauerstoffzufuhr. Ist diese z.B. durch starke Schmelzvorgänge unterbunden, erhält der Scherben eine dunkle Farbe. In diesem Zusammenhang spielt die Anwesenheit von Alkalien, meist Kalium, eine wichtige Rolle, da es eine frühe Schmelzphase begünstigt. Dadurch wird unter anderem die Reaktion der Minerale beschleunigt und schon bei entsprechend niedriger Temperatur die Farbintensität erhöht. So kann z.B. bei Abwesenheit von Alkalien in kaolinitischen Tonen Hämatit bis über 10% in das Mullitgitter ($3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$) eingebaut werden (Fe^{3+} vertritt Al^{3+}), wodurch der Farbeffekt stark herabgesetzt wird.

Mit steigender Temperatur und Zunahme der Schmelzphase wird nicht nur die Reaktion der Bestandteile gefördert, sondern auch eine Feinverteilung der Farbkörper bewirkt, die wiederum zu einer Intensivierung der Farbe beiträgt. Die Oxide der Erdalkalien allein sind wie die der Alkalien und SiO_2 und Al_2O_3 farblos. Sie ergeben aber zusammen mit Fe_2O_3 gelbe oder beige Farben, wie die Brennfarben der karbonatführenden Mergel zeigen. Mangan, das als MnO_2, Mn_2O_3 und Mn_3O_4 dunkelbraune bis schwarze Farben hervorruft, ist gewöhnlich in natürlichen Rohstoffen in so geringen Mengen (meist $< 1‰$ Mn) vorhanden, daß es als Färbemittel nicht in Erscheinung tritt. Titan, das in fast allen keramischen Rohstoffen, wie sie oben beschrieben wurden, in Größenordnungen von ca. 0,5–2,7 Gew-% (TiO_2) auftritt, hat für die Brennfarbe von Ziegeln nur untergeordnete Bedeutung. Erst bei Temperaturen um 1200° C bildet Titan zusammen mit anderen Elementen eine Spinellstruktur und erzeugt eine gelbe Brennfarbe. Eine Voraussage der Brennfarbe von keramischen Massen kann aufgrund der Vielzahl der einwirkenden Faktoren nur in der Tendenz gemacht werden, da beim Brennprozeß begonnene Reaktionen nicht bis zu Ende ablaufen können. Die Wirkung der färbenden Bestandteile kann jeweils nur durch das Experiment im Einzelfall geprüft werden.

Literatur

Ackermann, C., Gauglitz, R., Schwiete, H.E. (1965): Untersuchungen über den Einfluß von verschiedenen Tonmineralien auf die Trockeneigenschaften trockenverpreßter feinkeramischer Massen. – Ber. Dt. Keram. Ges., **42:** 79–98, 21 Bilder, 11 Tab., Bonn 1965.

Babczinski, L. & Urban, H. (1983): Das Mineraldreieck Illit-Kaolinit-Quarz, – Keramische Eigenschaften und Phasenumwandlungen bis 1200° C –. Keram. Z., 35. Jg. (10): 506–510, 19 Abb., Freiburg i.Br. (Schmid) 1983.

Batsche, H. (1957): Geologische Untersuchungen in der Oberen Süßwassermolasse Ostniederbayerns (Blatt Landau, Eichendorf, Simbach, Arnstorf der Topogr. Karte 1:25000). – Beih. Geol. Jb., **26:** 261–307, 9 Abb., Hannover 1957.

Bauberger, W. & Streit, R (1982): Geologische Karte von Bayern 1:25000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 6538 Schmidgaden. – 186 S., 30 Tab., 11 Beil., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1982.

Bayerisches Oberbergamt (Geologische Landesuntersuchung) (1936): Die nutzbaren Mineralien, Gesteine und Erden Bayerns, II. Band, Franken, Oberpfalz und Schwaben nördlich der Donau. – 512 S., 1 Übersichtskarte, 62 Abb., 25 Bildtaf., 2 Kartentaf., München (Oldenbourg und Piloty & Loehle) 1936.

Berger, K. (1966): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25000, Blatt Nr. 6530 Langenzenn. – 87 S., 12 Abb., 2 Tab., 1 Beil., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1966.

Brunnacker, K. (1959): Zur Kenntnis des Spät- und Postglazials in Bayern. – Geologica Bavarica, **43:** 76–150, 13 Abb., 16 Tab., München 1959.

Brunnacker, K. (1967): Bemerkungen zur Feinstgliederung und zum Kalkgehalt des Lösses. – Eiszeitalter u. Gegenwart, **8:** 107–155, 1 Abb., 2 Tab., Ohringen/Wttbg. 1967.

ECKERT, F. (1957): Keramische Rhättone bei Coburg – Die Bearbeitung des Tonvorkommens bei Coburg geologisch-petrographisch im Hinblick auf die Entstehung und keramische Eignung. – Unveröff. Dipl.-Arb., 75 S., 3 Karten, Leoben 1957.

EMMERT, U. (1977): Geologische Karte von Bayern 1:25000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 6035 Bayreuth. – 180 S., 20 Abb., 6 Tab., 6 Beil., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1977.

EMMERT, U., SALGER, M., SCHNITZER, W.A. (1981): Lithologische Untersuchungen an Bohrkern-Profilen aus dem Keuper Oberfrankens. – Geol. Bl. NO-Bayern, **31:** 100–125, 6 Abb., 2 Tab., Erlangen 1981.

FAHN, R. (1973): Die Gewinnung von Bentoniten in Bayern. – Erzmetall, **26:** 425–428, 7 Abb., 1 Tab., Stuttgart 1973.

FAHN, R. & BUCKL, H. (1968): Industrielle Verwendung von Bentonit. – Keram. Z., **5**/1968: 1–6, 3 Abb., Freiburg i.Br. 1968.

FÉDÉRATION EUROPÉENNE DES FABRICANTS DE CERREAUX CÉRAMIQUES: C.E.C. – Farbkarte, Bale (Suisse).

GALL, H. & MÜLLER, D. (1977): Tertiär. – In Erläuterungen zur Geologischen Karte des Rieses 1:50000, Geologica Bavarica, **76:** 66–89, 2 Abb., München 1977.

GESELLSCHAFT ZUR AUFSUCHUNG VON BODENSCHÄTZEN IN BAYERN MBH (GAB) 1963: Bericht über die Aufsuchung von Mineralien und Wasser in Bayern von 1951 bis 1962. – 85 S., München (Straub) 1963.

GUDDEN, H. (1981): Der Untere Keuper in Bohrungen zwischen Eltmann und Rodach. – Geol. Bl. NO-Bayern, **31:** 448–462, Erlangen 1981.

HAHN, L. (1926): Die geschichtliche Entwicklung der feuerfesten Industrie in Bayern. – In KUHLO, A.: Geschichte der bayerischen Industrie, 99–100, München 1926.

HAHN, L. (1974): Geologische Karte von Bayern 1:25000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 5732 Sonnefeld. – 141 S., 20 Abb., 1 Tab., 4 Beil., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1974.

HARKORT, H. (1959): Die Farbbildung in roten und gelben Ziegelsteinen. – Sprechsaal, **20:** 529–533, 4 Fig., Coburg 1959.

HEGENBERGER, W. (1968): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25000, Blatt Nr. 5833 Burgkunstadt. – 175 S., 6 Abb., 7 Tab., 4 Taf., 3 Beil., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1968.

HEROLD, R. (1970): Sedimentpetrographische und mineralogische Untersuchungen an pelitischen Gesteinen der Molasse Niederbayerns. – Diss. Univ. München, 132 S., 21 Abb., 16 Tab., München 1970.

HOFFMANN, D. (1970): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25000, Blatt Nr. 5831 Seßlach. – 106 S., 7 Abb., 4 Tab., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1970.

HOFMANN, B. (1973): Geologische Karte von Bayern 1:25000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 7439 Landshut Ost. – 113 S., 7 Abb., 12 Tab., 7 Taf., 2 Beil., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1973.

HOFMANN, B. (1975): Zur Verbreitung und zeitlichen Einstufung von Löß und Lößlehm im isarnahen Tertiärhügelland östlich Landshut. – Geologica Bavarica, **74:** 163–167, 1 Abb., München 1975.

KALLENBACH, H. (1965): Mineralbestand und Genese südbayerischer Lösse. – Geol. Rdsch., **55** (3): 582–607, 7 Abb., Stuttgart 1965.

KESSLER, G. (1973): Sedimentologische Untersuchungen im oberfränkischen Rhätolias. – Erlanger geol. Abh., **93,** 60 S., 20 Abb., 10 Taf., Erlangen 1973.

KOSCHEL, R. (1970): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25000, Blatt Nr. 6031 Bamberg-Nord. – 167 S., 15 Abb., 6 Tab., 4 Beil., München (Bayer. Geol. L-Amt) 1970.

KREIMEYER, R. (1979): Die Abhängigkeit der Brennfarbe von Ziegeln von der Zusammensetzung der Ausgangssubstanz. – Dipl.-Arbeit Univ. Hannover, unveröff., 50 S., 9 Abb., Hannover 1979.

KROMER, H. (1978): Tertiär-Tone in NE-Bayern. 1. Petrographie – Mineralogie – Geochemie. – Fortschr. Miner., **56,** (1): 1–104, 42 Abb., 620 Tab., Stuttgart (Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung) 1978.

KROMER, H. & SCHÜLLER, K.H. (1980): Farbigbrennende Tone als keramische Rohstoffe. – Keram. Z., 32. Jg., (10): 574–578, 2 Abb., 11 Tab., Freiburg i.Br. 1980.

KRUMM, H. (1965): Mineralbestand und Genese fränkischer Keuper- und Lias-Tone. – Beitr. Mineral. u. Petrogr., **11:** 91–137, 24 Abb., 3 Tab., Berlin–Heidelberg–New York 1965.

LOBINGER, W.-H. (1980): Angewandte Geologie in Ostniederbayern auf Blatt 7644 Triftern und Umgebung. – Diss. Univ. München 1980, 231 S., 37 Abb., 13 Anl., München 1980.

MITCHELL, D. & ASH, E. (1982): Grubenbetrieb. – In Handbuch für die Ziegelindustrie, 95–114, 7 Abb., 1 Tab., Wiesbaden–Berlin (Bauverlag) 1982.

NEUMAIER, F. & WIESENEDER, H. (1939): Geologische und sedimentpetrographische Untersuchungen im niederbayerischen Tertiär. – Sitz.-Ber. d. Bayer. Akad. d. Wiss., math.-naturwiss. Abt., 252 S., 7 Fig., 2 Taf., München 1939.

OELGREY (1926): Die Entwicklung der bayerischen Ziegelindustrie rechts des Rheins. – In: KUHLO, A.: Geschichte der bayerischen Industrie, 110–111, München 1926.

OKRUSCH, M. & WEINELT, W. (1965): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25000, Blatt Nr. 5921 Schöllkrippen. – 327 S., 53 Abb., 10 Tab., 3 Beil., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1965.

OSTERODE, T. (1982): Möglichkeiten der Produktverbesserung in der Dachziegelindustrie. – Dipl.-Arbeit FH Koblenz, unveröff., 108 S., 31 Abb., 21 Tab., Höhr-Grenzhausen 1982.

PEINEMANN, N. & GARLEFF, K. (1981): Sedimentologische und mineralogische Merkmale von Lössen und Lößderivaten in Franken. – Eiszeitalter u. Gegenwart, **31:** 177–186, 4 Abb., 3 Tab., Hannover 1981.

PILTZ, G. (1960): Möglichkeiten der Brennfarbenbeeinflussung bei Ziegeltonen. – Die Ziegelind. **13:** 474–480, 13 Abb., Wiesbaden 1960.

SALGER, M. (1959): Der Mineralbestand von Tonen des fränkischen Keupers und Jura. – Geologica Bavarica, **39:** 69–95, 5 Abb., München 1959.

SALGER, M. (1974): Tonmineralogische Untersuchung der Bohrung Rathsberg 1 bei Erlangen. – Erlanger geol. Abh., **97:** 43–48, 3 Abb., Erlangen 1974.

SALGER, M. (1977): Die Tonminerale der Forschungsbohrung Nördlingen 1973. – Geologica Bavarica, **75:** 67–73, München 1977.

SALGER, M. & SCHMIDT-KALER, H. (1973): Sedimentologische Untersuchungen im Lias von Altdorf bei Nürnberg (Fränkische Alb). – Geologica Bavarica, **67:** 162–168, 1 Abb., 2 Tab., München 1973.

SALGER, M. & SCHMIDT-KALER, H. (1975): Sedimentpetrographische Gliederung der Lehme auf der Fränkischen Alb. – Geologica Bavarica, **74:** 151–161, 3 Abb., 1 Beil., München 1975.

SCHMID, H. & WEINELT, W. (1978): Lagerstätten in Bayern. Erze, Industrieminerale, Salze und Brennstoffe. Mit einer Lagerstättenkarte 1:500000. – Geologica Bavarica, **77:** 160 S., 1 Beil., München 1978.

SCHMIDT, H. (1972): Zum Mineralbestand der Ziegelrohstoffe. – Ziegelind. – Internat. H. 10: 458–467, 7 Bilder, 7 Tab., Wiesbaden 1972.

SCHMIDT, H. (1973): Rohstoffkenndaten der verschiedenen Erzeugnisarten der Ziegelindustrie. – Ziegelind. Internat. H. 6: 212–216, 2 Bilder, 6 Tab., Wiesbaden 1973.

SCHMIDT, H. (1976): Über die Bedeutung des Mineralbestandes in grobkeramischen Rohstoffen. – Sprechsaal, **76,** (9): Sonderdr. 5 S., 7 Tab., Coburg 1976.

SCHMIDT, H. (1978): Reaktionen beim Brennen von tonigen Rohstoffen – Ergebnisse aus dem thermischen Prüflabor. – Ziegelind. Internat., H. 7: 359–370, 12 Bilder, Wiesbaden 1978.

SCHRÖDER, B. (1968): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25000, Blatt Nr. 6332 Erlangen Nord. – 159 S., 21 Abb., 3 Tab., 1 Beil., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1968.

SEIDEL, G. (1962): Lagerstätten und Beschaffenheit der Tone Thüringens sowie ihre Eignung in der Grobkeramik. – Freib. Forsch.-H., **C 141:** 1–167, 44 Abb., 2 Tab., Berlin 1962.

STEGMÜLLER, L. (1956): Beziehungen zwischen Mineralbestand und technologischen Eigenschaften der Lehme. – Die Ziegelind. **9.** Jg., H. 1: 2–7, H. 2: 37–46, H. 3: 78–82, H. 4: 113–115, H. 6: 175–177, H. 7: 214–218, H. 8: 245–252, H. 10: 369–371, mit zahlr. Abb. u. Tab., Wiesbaden 1956.

STEIN, V. (1982): Die Rohstoffe der Ziegelindustrie. – In: Handbuch für die Ziegelindustrie, 73–94, 10 Abb., 1 Tab., Wiesbaden–Berlin (Bauverlag) 1982.

STEIN, V., ECKHARDT, F.-J., HILKER, E., JRRLITZ, W., KOSMAHL, W., MATTIAT, B., PILTZ, G., RASCHKA, H. & RÖSCH, H. (1981): Die ziegeleitechnischen Eigenschaften niedersächsicher Tone und Tonsteine. – Geol. Jb., **D 45:** 3–51, 53 Abb., 24 Tab., Hannover 1981.

TILLMANN, H. (1956): Zur Geologie des Oberpfälzer Tertiärs und seiner Lagerstätten. – 50 Jahre Bayerische Braunkohlenindustrie, 109–127, 5 Beil., 1 Karte, Schwandorf (Bayerische Braunkohlenindustrie AG) 1956.

UNGER, H.J. (1981): Bemerkungen zur stratigraphischen Stellung, der Lagerung und Genese der Bentonitlagerstätten in Niederbayern. – Verh. Geol. B.-A., Jg. **1981**/2: 193–203, 3 Abb., Wien 1981.

UNGER, H.J. (1984): Geologische Karte von Bayern 1:50000, Erläuterungen zum Blatt L7544 Griesbach. – Bayer. Geol. L.-Amt (in Druckvorbereitung).

VOGT, K. (1980): Bentonite Deposits in Lower Bavaria. – Geol. Jb., **D 39:** 47–68, 1 Fig., 13 Tab., Hannover 1980.

WEINELT, WI. (1981): Geologisch-lagerstättenkundliche Beschreibung des Untersuchungsgebietes. – In: ZSCHAU, H.-J.: Geophysikalische Messungen zur Erkundung von Lagerstätten mit industriell verwertbaren Tonen bzw. Ton-Sandgemischen – Untersuchungsgebiet Klingenberg/Main. – 25 S., 23 Anl., 1 Anhang (11 S.), (Niedersächs. L.-Amt f. Bodenforsch., im Rahmen der Geowissenschaftlichen Gemeinschaftsaufgaben) Hannover 1981.

WINKLER, H.G.F. (1954): Bedeutung der Korngrößenverteilung und des Mineralbestandes von Tonen für die Herstellung grobkeramischer Erzeugnisse. – Ber. Dt. Keram. Ges., **31,** (10): 337–343, Bonn 1954.

Sonstige Gesteine

Troschenreuther Rötel (001)

(REINHARD STREIT)

Am Ostrand der Nördlichen Frankenalb, östlich von Pegnitz, tritt in der Umgebung von Troschenreuth, 10–15 m unter der Obergrenze des Doggersandsteins, ein bis 2,5 m mächtiger tiefroter Ton auf, der als Rötel oder Bolus bezeichnet wird. Eine Sandschicht trennt den Rötel vom darüberliegenden grauen Discites-Ton. Da der Rötelhorizont in nicht oxidiertem Doggersandstein unter Malmüberdeckung als graubrauner bis schokoladenbrauner mariner Ton vorliegt, der ebenso wie der Rötel selbst 4–7% Eisen enthält, ist anzunehmen, daß der rote Bolus das Produkt einer nachträglichen Umwandlung darstellt. Es wird vermutet, daß Verwitterungsvorgänge, die von einer kreidezeitlichen oder (und) tertiären Landoberfläche ausgehen, den Rötel entstehen ließen. Bei der Rötelbildung fand eine Oxidation des Eisens von der zweiwertigen in die dreiwertige Stufe statt, wodurch die kräftige Rotfärbung hervorgerufen wurde.

An der Untergrenze des Rötels tritt meist eine 5–20 cm starke Limonitsandsteinplatte auf, die als Bolus- oder Rötelplatte bezeichnet wird. Sie geht auf wandernde Eisenlösungen oder Eisenausfällungen zurück. Eisenausfällungen können auch innerhalb des Rötels als dunkle Erzbänder auftreten. Sie wirken beim Abbau störend.

Gesteinsausbildung und Eigenschaften: Der Troschenreuther Rötel stellt einen tiefroten bis dunkelrotbraunen Ton dar, der nach einer Analyse bei v. FREYBERG (1961) z.B. aus 51% Tonmineralen, 35,8% Quarz, 10,8% Orthoklas und 2,4% Albit besteht. Die ungefähre chemische Zusammensetzung kann aus folgender Tabelle abgelesen werden (s. S. 496).

Gewinnung und Verwendung: Der Rötelabbau ist in der Troschenreuther Gegend wahrscheinlich älter als 300 Jahre. In alter Zeit wurde der Abbau in engen Schächten betrieben, später ging man zur Anlage von Stollen über. Heute wird der Rötel nur noch im Tagebau gewonnen. Derzeit bestehen zwei Rötelgruben nordöstlich Troschenreuth, und zwar 1,5 km nordöstlich der Kirche und eine Grube mit ruhendem Abbau 1,4 km nordöstlich der Kirche. Zwei weitere Rötelgruben liegen südlich von Troschenreuth: In der Grube 800 m südsüdwestlich der Kirche ruht derzeit ebenfalls der Abbau. In der zweiten Grube, 400 m südwestlich Mühldorf, schreitet der Abbau bei rund 10 m Abraum nach Norden voran.

Außer den Vorkommen in der Umgebung von Troschenreuth stand früher auch bei Lindenberg Rötel des Doggersandsteins in Abbau. Die ehemalige Ida-Zeche am Keilberg, östlich Regensburg, baute ebenfalls Rötel ab, der im Amaltheenton des Lias als 1–2 m mächtiges Flöz vorkam.

Die wesentliche, heute technisch genutzte Eigenschaft des Rötels ist seine intensive Färbekraft. Mit dem Rohmaterial der noch betriebenen Gruben werden hauptsächlich keramische Werke beliefert. Rötel wird jetzt hauptsächlich bei der

Herstellung von Wand- und Bodenplatten und zum Färben von Klinkererzeugnissen verwendet. Ein Teil wird auch ins nahe Ausland geliefert. Rötel dient außerdem als Vergoldungsuntergrund (Poliment) bei der Polimentvergoldung. Seine grundsätzlich mögliche, früher übliche Verwendung zur Herstellung von Deckfarben wird heute nicht mehr ausgenutzt.

Chemische Zusammensetzung des Troschenreuther Rötels in %:

a) Mittelwerte aus 2 Analysen von Rötel der Fa. Beyer.

b) Analyse eines Rötels der Fa. Habelitz, ausgeführt vom Chemischen Laboratorium Kall, Ettlingen.

c) Analyse eines Troschenreuther Rötels, ausgeführt von der Staatlichen Porzellan-Manufaktur Berlin, Werk Selb, 1953.

	a) Rötel Beyer	b) Rötel Habelitz	c) Troschenreuther Rötel
Glühverlust	6,96	9,31	7,31
SiO_2	58,65	53,10	56,22
Al_2O_3	19,03	18,40	21,68
TiO_2	1,00	0,14	1,20
Fe_2O_3	11,69	16,98	10,75
CaO	0,11	0,16	Spuren
BaO	n.b.	0,21	—
MgO	0,53	0,12	0,75
K_2O	1,81	1,46	1,82
Na_2O	0,23	0,15	0,29
	100,01	100,03	100,02

Stand 2000

Farbocker (002)

(REINHARD STREIT)

Kreidezeitlicher Farbocker, als Äquivalent der untercenomanen Amberger Erzformation und als Einlagerung in die turonen Michelfelder Schichten, findet sich vor allem im Gebiet nordwestlich der Hahnbacher Kuppel, zwischen Königstein und Neukirchen. Weitere Vorkommen im Gebiet der Fränkischen Alb wurden im Raum Pegnitz und Betzenstein ausgebeutet.

Der Ocker wurde entweder an der durch Verkarstung geprägten Grenzfläche Kreide/Malm oder zwischen Kreideschichten in taschen- oder trogartigen Hohlformen und in Talsenken gefunden. Seltener traf man Ocker als Spalten- oder Höhlenfüllung an. Es handelte sich um schmitzen- oder linsenförmige Ockerkörper mit meist nur geringer horizontaler Erstreckung. Die Ockerlagen erreichen gewöhnlich Mächtigkeiten von 1,5–2 m, in Ausnahmefällen auch von mehr als 8 m.

Gesteinsausbildung und Eigenschaften: Die Farbocker der Kreidezeit stellen eisenhydroxid- und eisenoxidhaltige, z.T. auch manganführende Farberden dar. Sie liegen als weiche erdige Tone vor, die mit Brauneisen und Eisenoxid durchsetzt sind und eine hellgelbe bis dunkelbraune Farbe aufweisen. Außerdem gibt es Übergänge zu hochwertigem Eisenerz, das als braune bis schwärzliche mulmige Masse oder als Derberz vorkommt. Durch zwischengelagerte Ton- und Sandschmitzen sowie Erz- oder Sandsteinbrocken ist an manchen Stellen erkennbar, daß der Farbocker ein Umlagerungsprodukt darstellt.

Je nach chemischer Zusammensetzung und Farbe kam der Ocker unter verschiedenen Bezeichnungen in den Handel:

Leinocker	(5–10% Fe, stark tonig, blaß- oder hellgelb)
Goldocker	(10–20% Fe, kalkhaltig, leuchtendgelb)
Eisenocker	(20–40% Fe, dunkelgelb bis hellbraun)
Satinober (Siena)	(30–50% Fe, braun)
Umbra	(34–45% Fe, 2–10% Mn, dunkelbraun bis schwärzlich)

Gewinnung und Verwendung: In vergangener Zeit, besonders seit dem Ausbau des Eisenbahnnetzes in der 2. Hälfte des 19. Jahrhunderts bis in die Jahre vor dem 2. Weltkrieg, ging ein reger Bergbau auf die Ockervorkommen um. Der Abbau der Ockerlagen erfolgte in Schächten, die bis in 25 m Teufe hinabreichten, mittels Handhaspeln und Kübeln. In früheren Jahrhunderten wurde auf den Ockerlagerstätten auch Eisenerz abgebaut, das als hochprozentiger fester Ocker oder in Form von Brauneisenerzkrusten ebenfalls in Schächten gewonnen wurde.

Das getrocknete Rohmaterial kam in Farbmühlen (ehemalige Getreidemühlen oder Hammerwerke), wo es mit Wasserkraft gemahlen wurde. Der gemahlene Farbocker fand z.B. für Tüncherfarben, Wasserfarben und Ölfarben Verwendung. Da nach dem Krieg zunehmend künstliche Eisenoxidfarben als Farbkomponente genommen wurden, ist die Nachfrage nach Erdfarben laufend geschwunden. So ist heute der Bergbau auf Farbocker praktisch zum Erliegen gekommen. Von den Farbmühlen besteht jetzt nur noch ein Farbwerk in Hainbronn bei Pegnitz.

Stand 2000

Kieselkreide (003)

(Reinhard Streit)

Das Verbreitungsgebiet der Neuburger Kieselkreide erstreckt sich zwischen Neuburg a.d. Donau und Wellheim in Nord-Süd-Richtung wie auch in West-Ost-Richtung über jeweils rund 12 km. Eine ausführliche Darstellung von Lagerung und Aufbau der Kieselkreide-Vorkommen findet sich bei Streit (1978).

Der Name Kieselkreide bezeichnet ein hauptsächlich aus kieseligen Bestandteilen aufgebautes, äußerst feinkörniges, lockeres Gestein von weißer bis gelblicher Farbe, das ein Sediment des Kreidemeeres darstellt. Die Hauptverbreitung in der Umgebung von Neuburg an der Donau hat zur Bezeichnung Neuburger Kieselkreide geführt. Die Industrie bevorzugt den Namen Neuburger Kieselerde.

Die Sedimentation der Neuburger Kieselkreide fällt in das Untere Unterturon. Als Entstehungsort der Neuburger Kieselkreide ist ein flaches Meeresbecken anzunehmen, in dem Feinsand, Ton (Kaolinit) und mikroskopisch feine kieselige Überreste von Kieselschwämmen zum Absatz kamen. Der Boden dieses Meeres wies eine reiche Fauna auf. Flüsse brachten vom Festland Sand und Tontrübe aus kaolinigen Verwitterungsdecken herbei. Brandung und Gezeitenströmungen besorgten die Aufarbeitung und den Transport.

Die Kieselkreide füllt kessel- oder wannenförmige Vertiefungen, aber auch grabenartige Einbrüche des Oberen Weißen Jura aus. Diese Lagerstätten sind in der Regel von kreidezeitlichen Sedimenten (Sanden, Sandsteinen und Quarziten) oder auch von tertiären und quartären Ablagerungen überdeckt. Die Mächtigkeit des Abraums kann einige Zehner Meter erreichen.

Gesteinsausbildung und Eigenschaften: Die Kieselkreide stellt ein weißes bis gelbliches, äußerst feinkörniges, lockeres Gestein dar und ist ein Gemisch aus Quarz + organische Kieselsäure und Kaolinit im Verhältnis 4:1 bis 6:1. Nebengemengteile wie Fe_2O_3, TiO_2, CaO, MgO, K_2O und Na_2O treten in sehr geringen Gehalten auf. Die Feinsandfraktionen 60–90 µ und 90–120 µ bestehen aus kieseligen Skelettelementen von Meeresschwämmen, aus Quarz und Quarzit. In der Fraktion des Schluffes (2–60 µ) bilden Schwammreste die Hauptmasse. Die Tonfraktion wird im wesentlichen aus Quarz und Kaolinit aufgebaut. Elektronenoptisch läßt sich feststellen, daß der Quarz bis unter 0,0001 mm Durchmesser in rundlichen Körnern vorliegt und mit Kaolinitblättchen ein lockeres Haufwerk bildet.

Das sperrige Gefüge der Gemengteile der Kieselkreide bedingt ihre große spezifische Oberfläche. Die kieseligen und tonigen Bestandteile bewirken die Widerstandsfähigkeit gegen Säuren und verdünnte Laugen. Der hohe Anteil an Quarz und organischer Kieselsäure ist für die große mechanische Widerstandsfähigkeit im Feinbereich verantwortlich. Die Kieselkreide läßt sich durch ein empfindliches, besonders trennscharfes Naßaufbereitungsverfahren in Schlämmprodukte zerlegen, die in großer Reinheit herzustellen sind.

Gewinnung und Verwendung: Der Abbau auf Kieselkreide ist vermutlich schon sehr alt. Enge verfüllte Schächte im Tagenschlag, südlich von Hütting, und schriftliche Zeugnisse weisen mindestens ins 17. Jahrhundert zurück. Um 1820 entwickelte sich westlich von Neuburg, nahe der Klause und im Burgwald, ein umfangreicher Tonbergbau für eine Steinzeug- und Steingutfabrik. Dabei stieß man auf große Lagerstätten von Kieselkreide. Die aufstrebende Chemische Industrie (Ultramarinsynthese) ermöglichte einen raschen Aufschwung des Kieselkreidebergbaues (Schächte und Stollen).

Der letzte und bedeutendste untertägige Bergwerksbetrieb auf Kieselkreide bestand von 1952–1979 in der Kieselkreidegrube Kreuzgründe auf dem Hainberg, nordwestlich von Neuburg a.d. Donau. Dort wurde Kieselkreide noch in 120 m Teufe abgebaut. Heute wird die Kieselkreide, durch die Entwicklung neuer Fördertechniken, im Tagebau gewonnen. Derzeit bestehen die Gruben Pfaffengrund, Hütting und Bergen.

Die Verwendung der „Neuburger Kieselkreide" ist vielfältiger Art: Der aufbereitete Rohstoff kommt als „Sillitin" (verschiedene Typen), „Aktisil" und „Sillun" in den Handel. Diese Fabrikate dienen beispielsweise als Füllstoffe in Natur- und Sythesekautschuk sowie Latex, als Füller in zahlreichen Thermoplast- und Kunstharzmischungen, in Klebstoffen und Spachtelmassen, in Farben und Lacken, als Trägerstoff und Verdünnungsmittel für hochwirksame chemische Substanzen (z.B. Pflanzenschutzmittel) und Farbstoffe, als leicht umwandelbare Quarzkomponente in keramischen Massen und Elektrodenumhüllungen, als Schleifkomponente in Putzmitteln, in Poliermitteln und Schleifsteinen.

Vorkommen: Im Laufe einer langen Abbaugeschichte ist eine ganze Reihe von Kieselkreidevorkommen ausgebeutet worden. Dabei besteht die Möglichkeit, daß teilweise in deren Nähe noch Lagerstätten vorhanden sind. Westlich von Neuburg liegen südlich der Donau die heute aufgelassenen Abbaue Alte Klause, Beutelrockacker, Beutmühle, Kreut-Gruppe, Höfelhof, Siedlung Oberhausen, Flachsberg und Kaiserburg.

Nördlich der Donau sind folgende Vorkommen bzw. Lagerstätten zu nennen: Grube Ried; Weingarten und „Kieselweiß"-Gruppe (zwischen Bittenbrunn und Riedensheim); Pfaffengrund (Lagerstätte 1,5 km nordwestlich Bittenbrunn); Kreuzgründe (Hainberg-Gebiet). Tagebau Hütting (Lagerstätte 2 km südsüdöstlich von Hütting. Grube Bergen (Lagerstätte 1,5 km nordwestlich Bergen); Giglberger Gruppe (nördlich Hütting); Feldmühle (nordöstlich Hütting); Kreuzlberg-Gruppe und Wellheimer Gruppe (südwestlich und westlich Wellheim) und Vorkommen bei Gammersfeld, außerdem Vorkommen im Biesenharder Forst.

Stand 2000

Suevit (004)

(HERMANN WEINIG)

Suevit ist ein Impaktgestein des Riesrandes, das früher auch die Bezeichnungen Ries-Tuff, Ries-Traß, Trachyttuff, Rieskonglomerat u.a. trug. Eine moderne zusammenfassende Beschreibung des Suevits findet sich bei HÜTTNER (1977), auf die im folgenden weitgehend zurückgegriffen wird.

Die am Riesrand und im Vorries auftretenden Suevite bilden isolierte Komplexe mit einer Ausdehnung von wenigen 10 bis zu mehreren 100 m, deren am häufigsten nachgewiesene Mächtigkeiten sich zwischen 10 und 30 m bewegen, am Kraterrand auch weit darüber liegen können. Der Suevit liegt fast immer mit scharfer Grenze auf Bunter Breccie und wird teilweise von ihr wie auch von quartären Lehmen überdeckt, so daß die Suevite teils größere Ausdehnung besitzen als auf geologischen Karten dargestellt. Suevit zeigt in der Regel im Aufschluß massigen, ungeschichteten Aufbau. Allerdings können oberflächenparallele Absonderungsfugen wie auch vertikale Klüfte das Gestein in meist unregelmäßig blockige Körper zerlegen.

Die im Umkreis des gesamten Rieskessels in zahlreichen Vorkommen verbreiteten Suevite treten gehäuft im südwestlichen Vorries in der Umgebung von Amerdingen, teils auf württembergischen Gebiet auf.

Gesteinsausbildung und Eigenschaften: Suevit ist als polymikte (aus mehreren Ausgangsgesteinen hervorgegangene) glashaltige Kristallinbreccie definiert. Er ist ein meist graues bis bläulichgraues breccienartiges Gestein, das aus Trümmermassen kristalliner Gesteine unterschiedlichen Aufschmelzungsgrades und Zertrümmerung durch die Stoßwelle eines Großmeteoriten besteht. Den Hauptanteil des Gesteins bildet eine feinkörnige Grundmasse, in der die dunklen aufgeschmolzenen, teils fladenartigen Gesteinsgläser („Flädle") die auffallendsten Einschlüsse bilden. Der Glasgehalt beträgt durchschnittlich 15%, teils weit darüber. Die Grundmasse enthält neben feinzerbrochenenen Gesteinen und Mineralen sekundär gebildeten Montmorillonit. Als Anhaltspunkt zur chemischen Zusammensetzung des Suevits seien folgende Werte angegeben: SiO_2:55–66%, Al_2O_3:17%, Fe-oxide: 5%, CaO:10–11%, MgO:1,7%.

Je nach Anteil und Ausbildung von feinkörniger Grundmasse, größeren Gesteinsbruchstücken und Gläsern bilden die Suevite verschiedene Varianten, deren gemeinsamer Grundhabitus im Normalfall jedoch unverkennbar ist.

Suevit ist ein poröses, rauh und unregelmäßig brechendes Gestein, das zwar – ähnlich Tuffgesteinen – nur mäßig verfestigt ist, trotzdem aber in Verbindung mit einer gewissen Zähigkeit die an massive Werk- und Bausteine gestellten technischen Anforderungen erfüllt. Die Druckfestigkeiten bewegen sich bei dem als Baustein tauglichen Material in der Größenordnung von 40 N/mm^2, wobei die an den Vorkommen um Amerdingen ermittelten Werte angeblich keine stärkeren Schwankungen aufweisen sollen. Allerdings wird aus der Praxis der Steinbrecher berichtet, daß Härte (und Dichtigkeit) des Gesteins variieren und meist in den unteren Lagen zunehmen. Z.B. können Einsprengungen von Fremdgesteinen die Festigkeit herabsetzen.

Die Rohdichte des Suevits wurde im Mitel mit 1,96 g/cm^3, ermittelt. Die Wasseraufnahme beträgt 7–8 Vol.-%. Die im Normalfall gegebene Frostsicherheit wie auch Säurebeständigkeit der Suevite wurde mehrfach durch Versuche überprüft und ist durch jahrhundertealte Bauten belegt. Der tuffartige Charakter des Gesteins erlaubt in Verbindung mit hinreichender Festigkeit eine bildhauerische Bearbeitung.

Gewinnung und Verwendung: Suevit wurde im 15. bis Anfang des 18. Jahrhunderts im Bereich des gesamten bayerischen Nordschwabens und der angrenzenden Gebiete Württembergs als Baustein verwendet. Von den zahlreichen Bauwerken von der Spätgotik bis zum Barock (Kirchen, Schlösser, bürgerliche Gebäude), in denen Suevit vom derben Quadermauerwerk bis zum zierlichen Ornament (z.B. an Portalen) verbaut wurde, seien als Beispiele die Georgskirche in Nördlingen, Tore und Wehranlagen in Nördlingen, Kloster und Kirche in Kaisheim und die Schlösser in Dillingen, Harburg oder Dischingen angeführt. Eine neuerliche Verwendung als Baustein erlebte der Suevit z.B. bei der Ausführung größerer Verwaltungsbauten zu Beginn dieses Jahrhunderts in München und Augsburg. Zu diesem Zweck wurden bei Aufhausen, Amerdingen und Altenbürg (Württemberg) größere Steinbrüche neu in Betrieb genommen. Heute findet eine Verwendung als Naturwerkstein nur noch zu Restaurationszwecken statt.

Feingemahlener Suevit wurde seit jeher als Zusatz bei der Herstellung von hydraulischem Mörtel verwendet. Bei Otting wird heute Suevit in größerem

Umfang abgebaut. Gebrochen und mit Portlandzementklinker gemahlen wird er zur Herstellung von „Traßzement" mit hydraulischem Erhärtungsvermögen verwendet. Suevit besitzt damit als „bayerischer Traß" (neben dem „rheinischen Traß" des Neuwieder Beckens) als Puzzolan-Rohstoff der Zementindustrie eine besondere wirtschaftlich-technische Bedeutung. Stand 2000

Muschelschill (005)

(HERMANN WEINIG)

Den Übergangsbereich zwischen Oberer Meeresmolasse und Oberer Süßwassermolasse bildet ein 60–70 m mächtiges, überwiegend schluffig-fein- und mittelsandiges, gelegentlich von Mergellagen durchsetztes Schichtpaket (Oncophora-Schichten), in dem Anreicherungen von Muschelschalen vorkommen. Als markante Leitschicht tritt etwa in der Mitte dieser Abfolge im Gebiet zwischen Kößlarn und Simbach mit dem sog. Schillhorizont eine sanddurchsetzte Lage vorwiegend zerbrochener Muschelschalen auf, die eine Mächtigkeit zwischen 10 und 50 cm erreicht.

Dieser Schalen- und Schillhorizont wurde in den Tälern nördlich von Simbach zunächst durch Abgraben des Ausstriches, dann aber durch Stollenvortrieb unter Tage abgebaut. Die kalkigen Schalenreste wurden durch Aussiebung vom Sand getrennt und als Beigabe zu Hühnerfutter verkauft. Es existierten mehrere Betriebe, die unter der Bezeichnung „Hühnerfutterbergwerke" oder „Muschelbergwerke" noch wenige Jahre nach dem 2. Weltkrieg arbeiteten, dann aber, da nicht mehr wirtschaftlich, aufgegeben werden mußten. Eine Wiederaufnahme der gewerblichen Futtergewinnung ist nicht anzunehmen.

Sinterkalk (006)

(ULRICH LAGALLY)

Die quartären Kalkbildungen, die sich in Bayern vorwiegend im Bereich südlich der Donau finden, lassen sich nach ihrer Genese in zwei Gruppen aufteilen. Die aus wirtschaftlicher Sicht wichtigere und auch flächenmäßig weiter verbreitete Gruppe stellen die kalkigen Sinterbildungen Quellkalk (oder „Kalktuff") und Alm dar, während die dem Alm in chemischer Hinsicht ähnlichen, jedoch klastischen Sedimente, die sog. „Seekreiden" Südbayerns nur an wenigen Lokalitäten wirtschaftliche Bedeutung erreichen. Kalktuffe und „Seekreiden" finden Verwendung in der Bauindustrie, Alm wurde vorwiegend als natürlicher Dünger gebraucht.

Quellkalk (Kalktuff)

Quellkalke sind typische Ausfällungsprodukte aus karbonatreichem Wasser, die dort entstehen, wo Calciumcarbonat – bedingt oder begünstigt durch den Entzug von CO_2 durch Pflanzen, durch Erwärmung und bei Grund- und Quellwasser durch Druckentlastung – aufgrund der Unterschreitung der Löslichkeit des Calciumbicarbonates abgesetzt wird. Dieser Vorgang ist bei den bayerischen Vorkommen fast ausnahmslos in der Nacheiszeit in Gang gekommen und dauert

zum Teil noch heute an. Die Kalktuffe haben dort, wo sie qualitativ wie quantitativ für die Verwendung als Baustein in Frage kommen, eine flächenmäßige Verbreitung von ca. 1 km^2 und eine Mächtigkeit bis zu 15 m; sie liegen fast ausschließlich an Geländestufen, die ein Anwachsen der Tufflager begünstigten. Absätze in Bach- und Seeniederungen haben zwar eine größere Verbreitung, sind jedoch meist nur wenige Meter mächtig, locker gelagert und gehen oft in Moorbildungen über. Diese Quellkalke liegen fast ausschließlich im Grundwasserbereich, während die morphologisch deutlich hervortretenden Vorkommen höchstens mit der Basis unter den Grundwasserspiegel reichen. Als holozäne Bildungen sind die Kalktuffe nur von üngsten Bodenbildungen überdeckt.

Gesteinsausbildung und Eigenschaften: Die Kalktuffe sind ein überwiegend lagig aufgebautes chemisches Sediment, das fast ausschließlich aus Calciumcarbonat besteht (bis 98% $CaCO_3$). Das Gestein ist gelblich bis weiß, zeigt sowohl deutliche Bankung als auch unregelmäßige Schichtung, ist daneben aber auch massig ausgebildet. Manchmal ist es dicht, meist aber lückig bis porig. Oft finden sich, besonders bei Vorkommen in Niederungen, Einlagerungen von Mergeln, Schwemmsanden, Alm und Kalktuffsanden. Die dazwischenliegenden Tuffsteinlagen zeichnen sich oft durch ein dichtes Gefüge aus, so daß daraus harte, jedoch gut bearbeitbare Werksteine gewonnen werden können. Vor allem in den löcherig-porösen Teilen der Abfolge findet sich organisches Material in Form von Holzkohle, Torf etc. Aufgrund der stark wechselnden Ausbildung sind auch Dichte- und Druckfestigkeitswerte starken Schwankungen unterworfen. Die Rohdichte variiert zwischen 1,05 g/cm^3 für stark poröses Material und 2,39 g/cm^3 für helle, dichte Lagen. Druckfestigkeitswerte streuen je nach Ausbildung des Gesteins zwischen 2 und 68 N/mm^2.

Gewinnung und Verwendung: Kleine und kleinste Kalktuff-Vorkommen, die z.T. auch gegenwärtig noch in raschem Wachstum stehen, sind sehr häufig zu finden. Sie sind auf das Alpenvorland, in Nordbayern auf den Grenzbereich von Buntsandstein und Muschelkalk, auf den Oberen Muschelkalk sowie auf das Quellstockwerk an der Grenze des Ornaten-Tones zum Weißjura beschränkt. Die Tuffbildung hat vorwiegend im Holozän, manchmal auch bereits im Pleistozän eingesetzt.

Von den nordbayerischen Vorkommen waren früher viele, zumindest gelegentlich, in Abbau. Vor allem Bau- und Ziersteine wurden bei Wonfurt südwestlich von Haßfurt, im Taubertal nördlich von Rothenburg und im Raum Bischofsheim in der Rhön aus Vorkommen, die im Bereich des Muschelkalkes liegen, gewonnen. Daneben verdient das Vorkommen bei Homburg am Main, das unter Naturschutz steht, aufgrund seiner besonderen Ausbildung Beachtung. Eine Vielzahl kleinerer, meist unbedeutender Vorkommen findet sich über den gesamten Kontaktbereich Weißjura/Ornatenton von Oberfranken über Mittelfranken und die Oberpfalz bis ins nördlichste Schwaben bei Dillingen. Die Quellkalke, die in feuchtem Zustand ziemlich weich sind, härten beim Trocknen stark nach und liefern gute Mauersteine; Lockermaterial wurde als Mörtelsand verwendet.

Ein weiteres Kalktuffvorkommen findet sich in Form eines Kalktuff-Fächers der Egau östlich von Wittislingen. Das zumeist aus mehr lockerem Stengeltuff bestehende Vorkommen erreicht Mächtigkeiten von maximal 5–7 m, wobei seine

Ausdehnung in dieser Form gut 1 km^2 betragen dürfte. Das Material wird in geringem Umfang abgebaut und in gebrochenem Zustand als Zusatz bei der Herstellung von Kunststeinen verwendet.

In Südbayern sind die wichtigsten Kalktufflager auf den Bereich zwischen Lech und Inn begrenzt. Eine bedeutende Rolle spielen bereits seit dem frühen Mittelalter die Vorkommen im Raum Schongau – Weilheim; die dort gewonnenen Bausteine wurden nicht nur für die Sakralbauten von Altenstadt und Polling, sondern auch überwiegend für die Stadtmauern von Schongau und Weilheim und viele Wohn- und Wirtschaftsgebäude im Pfaffenwinkel verwendet.

Ehemalige Gewinnungsstellen, die zum Teil bis in jüngste Zeit in Betrieb waren, liegen bei Dießen am Ammersee, Paterzell und Huglfing bei Weilheim, Ramsau und Kreuth bei Peiting sowie entlang der Ammer südlich von Rottenbuch. Brüche, die vor allem den Bedarf von München deckten, wurden östlich von München bei Glonn und an der Mangfall betrieben.

In Polling bei Weilheim, wo bedeutende Kalktufflager eine ca. 1 km^2 große Fläche einnehmen, sind noch drei Betriebe mit dem Abbau von Kalktuff beschäftigt. Neben der Gewinnung von Bausteinen für Gartenbau- und Restaurierungszwecke und als Fassadenverkleidung wird auch Lockermaterial für die Herstellung von Kunststeinen verarbeitet.

Alm (Wiesenkalk, Wiesenkreide)

Vorkommen von Alm sind nur aus dem südbayerischen Raum bekannt. Dabei handelt es sich um meist großflächige Ausfällungen von Calciumcarbonat in Bereichen, wo das Grundwasser bis zur Flur ansteht. Die Wiesenkalke, die überwiegend durch Dissoziation des Calciumbicarbonates beim Austritt karbonatreicher Wässer aus den Schotterkörpern entstanden sind, finden sich häufig als Einlagerungen in Moorböden. Nur selten erreichen sie Mächtigkeiten von mehr als 2–3 m; bei der Brennermühle nordöstlich von München haben die dort bis zu 3 km breiten und ca. 10 km langen Almvorkommen ihre größte zusammenhängende Verbreitung und mit ca. 6 m auch ihre größte Mächtigkeit. Randlich gehen die Almkörper in anmoorige Bodenbildungen oder auch in Niedermoortorf über. Der Alm besteht fast ausschließlich aus Calciumcarbonat und ist daher chemisch vom Quellkalk nicht zu trennen. Analysen aus der Gegend von Ismaning bei München ergaben folgende Gehalte (getrocknete Substanz in Gew.-%):

SiO_2:5,05 bzw. 3,90; Al_2O_3:1,01 bzw. 0,38; Fe_2O_3:0,26 bzw. 0,08; CaO:49,22 bzw. 51,42; MgO:0,70 bzw. 0,49; K_2O:0,14 bzw. 0,16; Na_2O:0,09 bzw. 0,09; H_2O:4,03 bzw. 2,46; CO_2:39,64 bzw. 40,93.

Das Gestein ist krümelig und locker; die einzelnen Kalkkörnchen haben Durchmesser von 1–2 µ, sind jedoch meist zu größeren Klümpchen verkittet. Es finden sich daneben auch etwas gröbere Kalkausscheidungen, die überwiegend aus inkrustierten Pflanzenresten bestehen (sog. „Tuffsand").

Mit Ausnahme des Vorkommens bei Oberhausen südlich von Weilheim liegen alle größeren Almlager nördlich der würmeiszeitlichen Endmoränen auf Schotterfluren. Sie finden sich südöstlich von Memmingen, nahe Erpfting südwestlich von

Landsberg, im Dachauer Moos, bei Ismaning, im Erdinger Moos sowie bei Griesbach in Niederbayern. Einige dieser Vorkommen wurden früher zur Gewinnung von natürlichem Düngekalk und „Weißsand" (zum Scheuern von Holzgegenständen) abgebaut. Versuche, bei Lochhausen im Dachauer Moos und bei der Brennermühle nordöstlich von München, aus dem Alm Kalk zu brennen, schlugen fehl. Derzeit steht kein Abbau in Betrieb.

Seekreide (007)

(Ulrich Lagally)

Echte Seekreiden, d.h. aus Schalenresten mariner Kleinlebewesen gebildete Sedimente, sind nur von wenigen Stellen in Nordbayern bekannt. Weit häufiger finden sich karbonatische, schluffige Seeabsätze und Staubeckensedimente in den Alpen und im Alpenvorland, für die sich ebenfalls der Begriff Seekreide eingebürgert hat, obwohl sie ausschließlich anorganischer Herkunft sind. Diese Sedimente, die meist beim Abschmelzen des Gletschereises gebildet wurden, erreichen vor allem im Raum Garmisch – Mittenwald beachtliche Verbreitung und Mächtigkeit.

Bei den sog. Seekreiden handelt es sich um mechanische Sedimente aus feinstem kalkigen und dolomitischen Gesteinsmehl, die im Bereich der alpinen Vereisung abgesetzt wurden. Neben einer grauen Varietät, die eine deutliche Bänderung zeigt, überwiegt eine meist reinere, hellgelbe Spielart; nach der Korngrößenzusammensetzung handelt es sich um Schluffe mit wechselndem Sand- und Tongehalt, nach dem Karbonatgehalt überwiegend um mergelige Kalke. Stellenweise finden sich Kieslagen und -linsen eingelagert, die auf kurzzeitige Änderungen der Sedimentationsbedingungen hinweisen. Die chemische Analyse ergibt folgende Durchschnittswerte (getrocknete Substanz in Gew.-%):

SiO_2:13,0%; Al_2O_3:2,2%; Fe_2O_3:3,8%; CaO:38,0%; MgO:5,3%; Alk.:2,0%; Glühverlust: 35,8%,

bzw. folgende Karbonatgehalte:

$CaCO_3$:68,2%; $MgCO_3$:11,5%.

Die veränderte Farbe der dunkleren Varietät ist neben höherem Eisen- und niedrigerem Kalkgehalt vor allem auf erhöhte Ton-, Mangan- und Huminstoffanteile zurückzuführen.

Echte Seekreidevorkommen von meist nur geringen Dimensionen sind aus dem nordbayerischen Raum bei Nordheim, Grettstatt und Windsheim bekannt. Sie haben durchwegs $CaCO_3$-Gehalte um 90% und einen Gipsanteil bis ca. 5%; $MgCO_3$ ist nur beim Windsheimer Vorkommen mit mehr als 1% vertreten (1,35%). Die geringmächtigen Ablagerungen sind von Faulschlammboden überlagert und haben keine wirtschaftliche Bedeutung.

Viele der südbayerischen Vorkommen, die zum Teil beachtliche Ausmaße hatten, wurden früher abgebaut, so die Seekreiden zwischen Mittenwald und Krün, bei Wackersberg südlich Bad Tölz und nahe Bolzwang bei Wolfratshausen. Das

Material wurde als Tüncherkreide, Düngemittel und für Heilzwecke, später auch zur Herstellung von Kitt verwendet. Die durch Gewinnungsbetriebe erschlossenen Vorkommen bei Kreuth südlich des Teegernsees, Oberaudorf am Inn, Marquartstein und Ruhpolding erlangten wegen ihrer geringen Dimensionen nie größere Bedeutung.

Derzeit ist nur ein Abbau nördlich von Kaltenbrunn bei Garmisch, der bereits mehr als 350 Jahre besteht, in Betrieb. Die dort gewonnene sog. „Kaltenbrunner Bergkreide" findet Verwendung bei der Herstellung von Kitt, dient daneben aber auch als Rohstoff in der chemisch-technischen Industrie, in der Baustoffindustrie und bei der Zementherstellung. Als Zusatz und Füllstoff ist sie in feingemahlenem Zustand nahezu unbegrenzt verwendbar.

Alpiner Hangschutt (008)

(Ulrich Lagally)

Im Bereich der Bayerischen Alpen, die im Vergleich zu Alpenvorland und tertiärem Hügelland relativ arm sind an hochwertigen Sanden und Kiesen, bietet sich als Alternative die Gewinnung von Lockermaterial aus Hangschuttvorkommen an. Nicht nur in Fluß- und Bachbetten, sondern auch in Karen, Rinnen und vor allem am Hangfuß steil aufragender Gebirgsstöcke finden sich zum Teil beträchtliche Anhäufungen von überwiegend eckigem, nur selten kantengerundetem Gesteinsschutt. Dieses Material ist unsortiert und weist alle Korngrößen vom Schluffkorn bis zu groben Blöcken auf.

Von wirtschaftlichem Interesse sind vor allem die Dolomitvorkommen, da dieses Gestein bröckelig verwittert und deshalb oft zur weiteren Verwendung nicht mehr aufbereitet werden muß. Nur für spezielle Anforderungen wird es stellenweise gebrochen und/oder sortiert. In den meisten Gewinnungsstellen wird Dolomitschutt (Hauptdolomit, Wettersteindolomit, Ramsaudolomit, Raibler Dolomit) abgebaut, nur selten wird auch Schutt von Kalken (Wettersteinkalk, Rätkalk), Rauhwacken oder Sandsteinen abgegraben.

Die meisten Vorkommen haben geringe Ausmaße mit Wandhöhen bis ca. 10 m; stellenweise finden sich jedoch auch Gewinnungsstellen, die bis zu 100 m lang und bis zu 40 m hoch sind. Sie liegen, soweit es sich um Hangschuttkegel handelt, außerhalb des Grundwasserbereiches und können trocken abgebaut werden. Bei der Gewinnung aus Bachschuttfächern oder Flußbetten ist oft mit erheblichem Wasserzutritt zu rechnen. Aufgrund des geringen Alters der Schuttvorkommen ist eine nichtverwertbare Deckschicht nur selten entwickelt. Üblicherweise findet das Material Verwendung im Straßen- und vor allem Forstwegebau sowie als Wasserbaustein.

Im Abbau stehende Vorkommen von Interesse finden sich vorwiegend im Ostteil der bayerischen Alpen, hauptsächlich im Bereich des Karwendelgebirges, im Raum Marquartstein–Ruhpolding sowie im Berchtesgadener Land. Da Schuttvorkommen jedoch über den Gesamtbereich der bayerischen Kalkalpen zu finden sind und nahezu unbegrenzte Reserven aufweisen, sind Abbaubetriebe nur dort etabliert, wo Bedarf für den gewonnenen Rohstoff in unmittelbarer Nähe besteht.

Stand 2000

Literatur

BARTHEL, W. (1981): Abbau und Verarbeitung von Farberden im Einzugsbereich des oberen Pegnitztales. – Frankenland, N.F., **33:** 146–152, 10 Abb., Würzburg (Verl. Frankenland) 1981.

BRUNNACKER, K., PAULUS, B., BROCKERT, M., HINSCH, W. & VIDAL, H. (1964): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25000, Blatt Nr. 7736 Ismaning. – 99 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1964.

FREYBERG, B.v. (1951): Zur Stratigraphie und Fazieskunde des Doggersandsteins und seiner Flöze. – Geologica Bavarica, **9,** 108 S., 10 Abb., 16 Taf., München 1951.

FREYBERG, B.v. (1961): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25000, Blatt Nr. 6235 Pegnitz – 207 S., 35 Abb., 3 Beil., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1961.

GROTTENTHALER, W. (1980): Geologische Karte von Bayern 1:25000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 7833 Fürstenfeldbruck. – 82 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1980.

GUDDEN, H. & TREIBS, W. (1961): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25000, Blatt Nr. 6436 Sulzbach-Rosenberg Nord. – 143 S., 6 Abb., 9 Beil., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1961.

GÜMBEL, C.W.v. (1861): Geognostische Beschreibung des bayerischen Alpengebirges und seines Vorlandes. – 950 S., 6 Kt., 42 Profiltaf., Gotha (Justus Perthes) 1861.

GÜMBEL, C.W.v. (1894): Geologie von Bayern. Zweiter Band. Geologische Beschreibung von Bayern. – 1184 S., 1 Kt., Cassel (Theodor Fischer) 1894.

HÜTTNER, R. (1977): Impaktgesteine des Rieses. – In: GALL, H., HÜTTNER, R. & MÜLLER, D.: Erläuterungen zur Geologischen Karte des Rieses 1:50000. – Geologica Bavarica, **76:** 108–158, München 1977.

JERZ, H. (1981): Kalkabsätze in der Umgebung von Weilheim i.OB. – Weilheimer Heimatbl., **3:** 29–38, Weilheim 1981.

JERZ, H. & ULRICH, R. (1966): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25000, Blatt Nr. 8533/8633 Mittenwald – 152 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1966.

KEMPCKE, E. (1958): Ein Beitrag zur Genese der Neuburger Kieselerde und ihrer fossilen Fauna. – Sonderdruck aus: Keramische Z., **10.** Jg., (9–1), 10 S., Lübeck 1958.

REIS, O.M. (1935): Die Gesteine der Münchner Bauten und Denkmäler. – Ges. f. bayer. Landeskde., **7–12,** XI + 243 S., 41 Abb., München 1935.

SCHMID, H. & WEINELT, W. (1978): Lagerstätten in Bayern. Erze, Industrieminerale, Salze und Brennstoffe. – Geologica Bavarica, **77.** 160 S., 1 Beil. (farb. Kt.), München 1978.

SCHNEIDER, M. (1933): Die Kieselerde von Neuburg a.d. Donau und ihre Industrie. – 94 S., München 1933.

STRAUB, C. (1907): Der Trachyttuff des bayerischen Rieses als Baustein. – 77 S., München 1907.

STREIT, R. (1978): Geologische Karte von Bayern 1:25000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 7232 Burgheim Nord. – 222 S., 51 Abb., 5 Tab., 8 Beil., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1978.

TREIBS, W., GOETZE, F. & MEYER, R.K.F. (1977): Geologische Karte von Bayern 1:25000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 6435 Pommelsbrunn. – 127 S., 19 Abb., 3 Tab., 6 Beil., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1977.

VIDAL, H., BRUNNACKER, K., BRUNNACKER, M., KÖRNER H., HARTEL, F., SCHUCH, M. & VOGEL, J.C. (1966): Der Alm im Erdinger Moos. – Geologica Bavarica, **56:** 177–200, München 1966.

Geologica Bavarica	86	507–550	München 1984

Zur Verwitterung von Naturwerksteinen insbesondere bayerischer Provenienz

Von
WOLF-DIETER GRIMM

Anschrift des Verfassers: Prof. Dr. WOLF-DIETER GRIMM, Institut für Allgemeine und Angewandte Geologie der Universität München, Luisenstraße 37, D-8000 München 2

Inhalt

		Seite
	Vorwort	509
1.	Einführung	509
1.1.	Überblick	509
1.2.	Verwitterungswirksame Gesteinseigenschaften	510
1.3.	Verwitterungsfaktoren	512
1.4.	Die Rolle des Wassers und der Temperatur bei der Verwitterung	513
1.5.	Zur Dynamik des Verwitterungsangriffes	513
1.6.	Zur Vielfältigkeit des Verwitterungsangriffes	514
1.7.	Untersuchungsmethoden zur Gesteinsverwitterung	514
1.7.1.	Laboranalysen	515
1.7.2.	Geländeverfahren	516
2.	Verwitterungsvorgänge	517
2.1.	Chemische Verwitterung	517
2.2.	Physikalische Verwitterung	520
2.2.1.	Salzsprengung	521
2.2.2.	Volumenveränderung von Tonmineralien	522
2.2.3.	Frostsprengung	522
2.2.4.	Temperaturverwitterung	523
2.2.5.	Bruchvorgänge durch Last-, Schlag- und Schleifbeanspruchung	524
2.2.6.	Plastische Deformation (Wölbung von Marmor)	524
2.3.	Biologische Verwitterung	525
3.	Verwitterungseffekte	526
3.1.	Zur Wirksamkeit der verschiedenen Verwitterungsvorgänge	526
3.2.	Zum anthropogenen Anteil an der Verwitterung	529
3.3.	Verwitterungserscheinungen am Gestein	531
4.	Verwitterungsverhalten bayerischer Naturwerksteine	534
4.1.	Silikatische Kristallingesteine	535
4.2.	Klastische Sedimentgesteine (Sandsteine, Konglomerate)	537
4.3.	Chemische Sedimentgesteine sowie kristalliner Marmor	541
4.3.1.	Nordbayern	541
4.3.2.	Bayerische Alpen und Alpenvorland	544
5.	Zitierte Literatur	547

Vorwort

Die anthropogenen Umweltbelastungen seit einem Jahrhundert und ihre Progression in den letzten Jahrzehnten haben zu erschütternden Zerstörungen an steinernen Kunstdenkmälern und an Bauten in Stadt und Land geführt. Das gab der Erforschung des Verwitterungsgeschehens am Naturwerkstein neue Impulse.

Viele Einzelheiten wurden – unter Verwendung moderner analytischer Methoden – in den letzten Jahren geklärt; insgesamt aber wissen wir auch heute noch nicht genau, wie die verschiedenen Verwitterungsfaktoren zu den Schadensbildern am Stein zusammenwirken. Auch der Anteil der Verwitterung, der vom Menschen verschuldet ist, kann vorerst nur grob abgeschätzt werden. Hier liegt – unbeschadet der dringenden Notwendigkeit sofortiger Maßnahmen zur Reinhaltung von Luft und Wasser und zur Verringerung der Umweltbelastung – noch ein weites und wichtiges Forschungsfeld vor uns.

Im folgenden wird versucht, den aktuellen Wissensstand zum Verwitterungsgeschehen am Naturwerkstein aufzuzeigen. Anschließend folgen kurze Erläuterungen zur Beständigkeit der wichtigsten bayerischen Naturwerksteine. Verfasser ist sich bewußt, daß jeder Gesteinsblock ein Unikum ist und daß nur das Durchschnittsverhalten des Normaltyps, nicht aber jede bessere oder schlechtere Qualität gekennzeichnet werden kann. Die Beschreibung kann und soll die individuelle Beurteilung eines jeden Gesteinsquaders durch den Steinmetzen oder den Architekten nicht ersetzen.

Meinen Mitarbeitern, den Diplomgeologen L. BICHLMANN, W. KIECHLE, W. LINDENTHAL, K. POSCHLOD, J. VÖLKL und vor allem U. SCHWARZ, danke ich für anregende Gespräche und freundliche Hinweise.

1. Einführung

1.1. Überblick

Steter Tropfen höhlt den Stein. Geschliffene Marmore an den Außenwänden der Gebäude und Monumente werden rauh, verlieren an Glanz und Farbe. Der Granit, Symbol der Härte und Dauerhaftigkeit, zeigt an den Haussockeln oft nach wenigen Jahrzehnten schon tiefgründige Zersetzung. Das „Steinerweichen" ist ein ganz normaler Vorgang.

Verwitterung kommt von „Wetter". Sonne, Regen, Eis und Wind tragen zur physikalischen Verwitterung bei: Sie sprengen die Kristalle und brechen das Gefüge der Gesteine auf. Luft und Wasser mit ihren Inhaltsstoffen wirken zusätzlich chemisch: Sie lösen, fällen neue Substanzen aus und verändern den vorgegebenen Materialbestand. Der Mensch, der die Umwelt mit aggressiven Stoffen belastet, tut ein übriges, um die Zerstörungen zu beschleunigen: Er verstärkt die natürlichen – geogenen – Verwitterungseinwirkungen durch anthropogene Einflüsse.

Mit der Verwitterung von Naturwerksteinen beschäftigen sich die Geologen seit mehr als einem Jahrhundert. Ein heute noch gültiges Handbuch der bautechnischen Gesteinsprüfung mit speziellen Erläuterungen zur Verwitterung

schuf HIRSCHWALD (1912). 1915 erschien der „Bausteinband" der Schweizerischen Geotechnischen Kommission über die natürlichen Bausteine und Dachschiefer der Schweiz. Im gleichen Jahr legte WEISS (Hrsg.) eine Monographie über die nutzbaren Gesteine Deutschlands vor; darin hat KAISER einen Abschnitt über „Die Verwitterung der Gesteine, besonders der Bausteine" geschrieben. KAISER (z.B. 1929) lieferte darüber hinaus zahlreiche wichtige Einzelarbeiten zur Frage der Bausteinverwitterung, z.B. zu den Schäden am Kölner Dom, der seither immer wieder Untersuchungsobjekt gewesen ist (z.B. KNETSCH 1952; LUCKAT 1973–1977). Ein grundlegendes Werk über die Verwitterungsschäden an Steinbauten verdanken wir KIESLINGER (1932). Mit der Gesteinsverwitterung am Beispiel Münchener Bauten und Denkmäler hat sich STOIS (in REIS 1935) befaßt.

Seit einem Jahrzehnt steht die anthropogene Verwitterungsprogression im Vordergrund der Diskussion; aus der Fülle neuerer Arbeiten hierzu seien nur das Buch von WINKLER (1975) sowie einige wichtige Publikationen von RIEDERER (1973 a,b), LUCKAT (1973–1977, 1981 a,b), BÄEGER & PRESCHER (1978), NIESEL (1979), ARNOLD (1981), NIESEL & SCHIMMELWITZ (1982) sowie ZEHNDER (1982) genannt.

1.2. Verwitterungswirksame Gesteinseigenschaften

Der Geologe unterscheidet im großen folgende Gesteinsgruppen: magmatische und metamorphe Kristallingesteine (in der Werksteinpraxis oft als „Hartgesteine" zusammengefaßt) sowie klastische und chemische Sedimentgesteine (oft mit den metamorphen Marmoren als „Weichgesteine" bezeichnet).

Die Gruppen unterscheiden sich durch ihren Mineralbestand, ihr Gefüge und ihren Porenraum: Magmatische und metamorphe Kristallingesteine sind zumeist weitgehend dicht; die Magmatite weisen normalerweise ein richtungslos-körniges Gefüge auf, während die Mineralien der Metamorphite gewöhnlich schieferig eingeregelt sind. Der Porenanteil der Sedimente ist – vor allem bei klastischen Gesteinen – zumeist hoch, ihr Gefüge mehr oder minder deutlich schichtig.

Für die Verwitterbarkeit ergeben sich aus diesen überschlägigen Kriterien nur geringe Anhaltspunkte. Jede der großen Gesteinsgruppen enthält sowohl anfällige als auch resistente Gesteinsarten. Will man detailliertere Aussagen über die Verwitterungsbeständigkeit machen, so müssen der Stoff-(Mineral-)bestand, das Korn- oder Kristallgefüge sowie der Porenraum in allen Einzelheiten analysiert werden.

Wichtig sind die Mineralarten, die das Gestein zusammensetzen. Für die Resistenz ist meist diejenige Mineralart entscheidend, die am verwitterungsempfindlichsten ist: Ihre Zerstörung kann den Zusammenbruch des gesamten Gesteins bewirken. So z.B. können bereits geringe Mengen an toniger Substanz oder an karbonatischem Bindemittel die Verwitterungsbeständigkeit von Sandsteinen stark herabsetzen; anderseits tragen verwitterungsbeständige Einzelkörner (z.B. Quarze), die in einem anfälligen Bindemittel schwimmen, kaum zur Erhöhung der Resistenz bei. Monomineralische Gesteine, die nur aus einer einzigen Mineralart bestehen (z.B. Quarzsandstein, Kalkstein, Marmor, Gipsstein), verhalten sich

gegenüber dem Verwitterungsangriff meist günstiger als polymikte Gesteine, die aus mehreren Mineralarten unterschiedlicher Verhaltensweise und Anfälligkeit zusammengesetzt sind (z.B. Granit oder Kalk- und Arkosesandstein). Auch die Kombination verschiedener Werksteine am Bau oder ihr Verband mit anderen Baustoffen können die Verwitterung negativ beeinflussen.

Von Bedeutung ist weiterhin die Bindung der Mineralien im Gestein. Sie ist bei magmatischen und metamorphen Gesteinen durch primäre Verwachsung der Kristalle gegeben; bei klastischen Sedimenten sind die Körner dagegen sekundär durch Bindemittel verkittet. Schon HIRSCHWALD (1912) weist auf die Bedeutung der „Kornbindungsfestigkeit" hin: „Da die Verwitterung in erster Linie darauf hinarbeitet, den Zusammenhang der körnigen Bestandteile zu lockern, so erlangt die Kornbindungsfestigkeit eine besondere Wichtigkeit bei der Bestimmung des Wetterbeständigkeitsgrades der Gesteine" (l.c., S. 181). Deshalb gibt HIRSCHWALD Anweisungen und Beispiele zur zahlenmäßigen Bestimmung der „unmittelbaren Kornbindung" kristalliner Gesteine und der „mittelbaren Kornbindung" klastischer Gesteine. Ist die Kornbindung schwach, so bricht das Gestein bei chemischem oder mechanischem Verwitterungsangriff in den Inhomogenitätsbereichen der Kornkontakte auf. Nicht nur Sandsteine, sondern auch Marmore, Gneise und Granite können auf diese Weise absanden und bröckeln.

KIESLINGER (1959) erläutert dazu: „Bei den Gesteinen mit mittelbarer Kornbindung, also dem Typus Sandstein, sind sämtliche technische Eigenschaften und damit auch die Wetterbeständigkeit abhängig vom Bindemittel, das die einzelnen Sandkörner verbindet.... Das Bindemittel wird herausgelöst, und es kann ein Kornzerfall eintreten. Bei der Gruppe mit unmittelbarer Kornbindung, also etwa Typus Granit oder grobkörniger Marmor, werden durch verschiedene Vorgänge die Haftkräfte zwischen den einzelnen ohne Bindemittel aneinander sehr fest haftenden Körnern geschwächt oder gar zur Gänze aufgehoben."

Weiterhin ist die Zerstörung abhängig vom Gefüge: Eine blättrige oder plattige Textur mit parallel eingeregelten Mineralien begünstigt die Verwitterung, während richtungslos-körnige Gefüge mit verschränktem Kornverband die Festigkeit heraufsetzen. Die Anfälligkeit von Sandsteinen, Kalksteinen oder geschieferten Kristallingesteinen, die leichter spalten, kommt vor allem zur Wirkung, wenn die Werksteinoberflächen schichtparallel (lagermäßig) exponiert sind.

Die Verwitterung erfolgt nicht nur an der Gesteinsoberfläche, sondern auch subkutan im Porenraum. Dabei spielt weniger der Gesamtporenanteil eine Rolle, der wenige Promille (z.B. bei dichten kristallinen Gesteinen) bis über 50% (z.B. bei bindemittelarmen Sandsteinen oder lückig-porösen Kalksteinen) betragen kann. Wirksamer sind vielmehr die Durchlässigkeit (Permeabilität) sowie die Geometrie und Radienverteilung der Poren: Sie bestimmen die Bewegungen von Luft und Wasser, die kapillaren Saugspannungen und die Sprengeffekte auskristallisierender Salze und Eispartikel im Gestein. Von der Größe und Sortierung der Mineralkörner und der damit zusammenhängenden Porengröße und -form ist die innere (spezifische) Oberfläche des Gesteins – als Kontaktfläche für chemische Umsetzungen – abhängig.

Manche Gesteine, die unter tektonischem Streß und Auflast standen, entspannen sich bereits im Fels durch Abplatzen an hangkonformen Klüften. Werden sie im Steinbruch zu rasch abgebaut, mag die Entspannung erst im Werksteinquader erfolgen und zu oberflächenparallelen Rissen führen.

1.3. Verwitterungsfaktoren

Grundlegend für die Verwitterung sind die Faktoren, die auch das Klima steuern: Temperatur, Luft und Niederschlag. In gegenseitiger Einflußnahme bedingen sie die Verdunstung, das oberflächlich abfließende oder ins Gestein eindringende Wasser, den Wind und die Art der Niederschläge (Regen, Tau, Nebel, Schnee, Eis) sowie den Temperatur- und Feuchtigkeitsrhythmus. Das Wasser wirkt dabei nicht nur von der Luft her auf das Gestein ein, sondern auch auf dem Umweg über den Boden.

Im großen gesehen herrscht aufgrund der Temperatur- und Niederschlagsverhältnisse in Bayern ein gemäßigt-warmes humides Klima; Wind und Regen – und mit ihnen anthropogene Schadstoffe – werden bevorzugt von Westen her an die Gebäude herangebracht. Im einzelnen jedoch bestehen an den Außenflächen der Bauten und Monumente alle Arten von humiden, ariden und nivalen „Mikroklimaten" in oft engem räumlichem Nebeneinander und zeitlichem Wechsel; im Inneren der Bauten sind dagegen gleichmäßige quasi-aride Bedingungen gegeben, die die Verwitterung stark verzögern.

Wichtig sind die chemisch aktiven Fremdstoffe, die in Form von Staub, Gasbeimischungen oder Lösungsfracht von der Luft und vom Wasser zum Gestein transportiert werden. Sie sind nach Qualität und Quantität milieubedingt und haben natürlichen oder anthropogenen Ursprung. Die festen Partikel sind nicht nur schädlich, wenn sie anthropogen sind (Ruß, Gummiabrieb; Metallstaub mit katalytischen Wirkungen). So z.B. kann auch naturgegebener Kalkstaub, da er sich mit dem Schwefelgehalt der Luft umsetzt, zu schädlichen sulfathaltigen Krusten und Porensalzen selbst bei kalkfreien Gesteinen führen. Zudem haben die festen Partikel, die mit dem Wind verfrachtet werden, mechanische Wirkung: Sie können das Gestein je nach dessen Härte abschleifen (Korrasion).

Art und Stärke der Gesteinszerstörung sind abhängig von der Exposition des Werksteins gegen die Verwitterungsfaktoren. Im Gebäudeinneren ist die natürliche Verwitterung gering; die Schäden sind dort – wenn man von anormalen Vernässungsbereichen an Böden und Wänden absieht – weitgehend beschränkt auf direkte Einwirkungen durch den Menschen. Außen hingegen können das Wetter und die Bodenfeuchtigkeit zu starkem mechanischem und chemischem Angriff führen. Dabei ist die Wind- und Regenrichtung, kombiniert in der Regenwindrose, wichtig. An verschiedenen Seiten und in verschiedenen Höhen der Gebäude sind die Einwirkungen unterschiedlich stark; wettergeschützte Partien können andere – verstärkte oder abgeschwächte – Verwitterungseffekte aufweisen als ungeschützte Partien.

Zur Klärung des natürlichen oder anthropogenen Verwitterungsangriffes müssen Messungen zum Lokalklima und zu den Luftverunreinigungen der Städte oder Regionen vorgenommen werden. Neben den allgemeinen klimatologi-

schen Faktoren (Windverhältnisse, Zufuhr von Frischluft, Lufttemperatur, Luftfeuchte, Dunst und Nebel, Niederschlagsverhältnisse) und deren kleinräumiger Verteilung ist die lufthygienische Situation (Emissions- und Immissionsraten und -quellen) zu beachten; wichtig sind vor allem die Messungen zu den Schwefel-, Stickstoff-, Schwermetall- und Staubbelastungen in der Luft und im Niederschlag. Hier sei auf die lufthygienischen Berichte der Bundes- und Länderumweltämter sowie auf die Messungen des Zollerninstitutes/Dortmund (LUCKAT 1981 a, b) hingewiesen. Eine beispielhafte Untersuchung zum Stadtklima und zur Luftverunreinigung als Basis für Aussagen zur Umweltzerstörung (auch an Werksteinen) legte DITTMANN (1982) über den Regensburger Raum vor.

1.4. Die Rolle des Wassers und der Temperatur bei der Verwitterung

Die chemischen und physikalischen Verwitterungsangriffe erfolgen bevorzugt über das W a s s e r. Dieses sickert von oben oder von den Seiten in den Gesteinskörper ein, wird vom Wind tief in die Porenöffnungen gedrückt, kondensiert in den Gesteinshohlräumen aus übersättigter Luft oder wird vom Boden her durch Kapillaren hochgesogen. W. LINDENTHAL (frdl. Mitt.) schlägt vor, die Diffusionsgeschwindigkeit von Wasser bzw. Farblösungen durch Werksteinplatten zu messen, da sie bei „dichten" Gesteinen in ausgezeichneter Weise hinweist auf das Verwitterungsverhalten: „Wassersäufer" sind witterungsanfälliger als durchflußhemmende Gesteine.

Durch das unregelmäßige Wasserangebot, das vom Niederschlagsgeschehen und der Luftfeuchtigkeit gesteuert wird, verändert sich der Wassergehalt in den ungesättigten Bereichen des Gesteins ständig. In den wassergesättigten Partien – z.B. im Kapillarwassersaum, der vom feuchten Boden her ernährt wird – verschiebt sich der Rand der durchnäßten Zone je nach Wassernachschub hin und her; gerade dieser Umsatzraum ist verwitterungsgefährdet.

Die Wirkungen des Wassers bei der Gesteinszerstörung sind vielfältig: Es korrodiert leicht lösliche Karbonate oder Gipse und zersetzt verwitterungsempfindliche Silikate. Es transportiert gelöste Salze ins Gesteinsinnere, die dann beim Verdunsten des Lösungsmittels auskristallisieren und den Mineralverband sprengen; durch Wasseraufnahme können Salze in höhere Hydratationsstufen übergeführt werden und gegen die Porenwandungen drücken. Bei Unterschreitung des Gefrierpunktes geht das Wasser vom flüssigen Zustand in Eis über und erfährt dabei eine Volumenvermehrung um etwa 1/10, die ebenfalls zu hohen Kristallisationsdrucken und zur Gefügelockerung führen kann.

Einige Verwitterungseffekte erfolgen nicht über das Wasser. So z.B. kann sich die Kornbindung bei starken und oftmaligen Schwankungen der T e m p e r a t u r lockern bis zum Aufbrechen des Gefüges.

1.5. Zur Dynamik des Verwitterungsangriffes

Der c h e m i s c h e A n g r i f f führt nur dann zu Verwitterungsschäden, wenn sich kein chemisches Gleichgewicht zwischen Wasser und Gestein einstellt. So erreicht Wasser, wenn es nicht ständig erneuert wird, in einem leicht löslichen

Sulfat- oder Karbonatgestein rasch seine Sättigungsgrenze und wird inaktiv. Nur durch Nachschub immer neuen Lösungsmittels oder durch Veränderungen in den Randbedingungen bleibt die Reaktionsfähigkeit erhalten.

Der physikalische Angriff der Verwitterung wird nur dann wirksam, wenn er immer wieder neu erfolgt. Somit ist die Dynamik in den Druckbelastungen, in der Feuchtigkeitszufuhr, im Schadstoffangebot oder im Temperaturwechsel entscheidend für den Fortgang der Zerstörungen. KIESLINGER (1932, S. 52 ff.) wies deshalb auf den „Feuchtigkeitsrhythmus" hin (vgl. auch STOIS in REIS 1935, S. 204). Ein Gestein, das ständig wassergesättigt oder trocken vorliegt oder das ständig gleich hohen oder niedrigen Temperaturen und Drucken ausgesetzt ist, wird kaum physikalisch verwittern. Die Zerstörungen treten erst dadurch auf, daß im Winter immer wieder der Gefrierpunkt des Wassers unterschritten und erneut überschritten wird, daß zwischen Tag und Nacht die Temperaturen sich in engem Rhythmus verändern und daß mit dem Wechsel des Wassernachschubs die Lösung von Salzen periodisch oder episodisch alterniert mit ihrer Auskristallisation. Der Wechsel in den chemischen und physikalischen Zuständen erfolgt rascher, als gemeinhin angenommen wird; Laborverfahren zur Prüfung der Gesteinsresistenz gegen die verschiedenen Verwitterungsangriffe versuchen, diesen Wechsel – ggf. zeitraffend – zu simulieren.

1.6. Zur Vielfältigkeit des Verwitterungsangriffes

Aus allem ergibt sich, daß die Wirkungen der verschiedenen Verwitterungsfaktoren auf die unterschiedlichen Gesteinsarten äußerst vielfältig sind. Schon STOIS (in REIS 1935) betonte, daß „kaum je einer der Verwitterungsfaktoren für sich allein wirkt. Alle Teilerscheinungen, die zur Verwitterung führen, greifen in mannigfaltiger Weise ineinander, bedingen oder fördern sich gegenseitig".

Voraussagen zum Verwitterungsverhalten von Naturwerksteinen sind deshalb schwierig. Selbst gleiche Gesteinsarten, die eng benachbart, aber in unterschiedlicher Exposition verbaut wurden, zeigen oft unterschiedliche Verwitterungseffekte und -intensitäten. Pauschalurteile zur Verwitterungsresistenz sind dadurch erschwert. Grundlegend für die Vermeidung von Gesteinszerstörungen bleibt „immer eine von vornherein getroffene sachgemäße Auswahl des Steins, die in erster Linie vom technisch-wissenschaftlichen Standpunkt geleitet werden muß, wenn auch künstlerische und denkmalpflegerische Forderungen ebenso wie die Geldverhältnisse nicht unberücksichtigt bleiben dürfen" (STOIS in REIS 1935, S. 216).

1.7. Untersuchungsmethoden zur Gesteinsverwitterung

Die meisten der heute noch gültigen petrographischen und gesteinsphysikalischen Prüfmethoden waren im Prinzip schon um die Jahrhundertwende entwickelt. HIRSCHWALD (1912) geht bereits ausführlich ein auf

- die geologische Beurteilung der Werksteinbrüche, insbesondere die Feststellungen zur Variabilität des Gesteinsmaterials innerhalb desselben Bruches sowie die Kennzeichnung des Spalt-, Klüftungs- und sonstigen Absonderungsverhaltens;

- die Bestimmung der physikalischen Gesteinseigenschaften, insbesondere die Wahl und Form des Probenmaterials, die Prüfung von Druck-, Biegezug-, Scher- und Zugfestigkeit, von Härte und Abnützbarkeit sowie von Raumgewicht und Wasseraufsaugungsfähigkeit;
- spezielle Methoden der Wetterbeständigkeitsprüfung, insbesondere die chemische und mineralogische Untersuchung der Gesteine, die Ermittlung der Kornbindungsfestigkeit und Erweichbarkeit sowie der Frostbeständigkeit;
- die Erforschung der Verwitterungsursachen, vor allem der chemischen Zusammensetzung von Luft, Niederschlägen und Grundwasser, die Wirkung des Wassers auf die Bestandteile der Gesteine, den Einfluß des Frostes und der Sonnenwärme sowie der pflanzlichen Organismen.

Aufgrund dieser Voraussetzungen diskutiert HIRSCHWALD (l.c.) dann ausführlich die Verwitterungsbeständigkeiten der verschiedenen Naturwerksteingruppen.

1.7.1. Laboranalysen

Eine Zusammenstellung der heute gebräuchlichen Laborverfahren zur Kennzeichnung von Werksteinen unter dem Aspekt der Verwitterung geben NIESEL & SCHIMMELWITZ (1982, S. 4–46). Darin werden beschrieben

- mineralogische und chemische Analysen wie Röntgenverfahren und Rasterelektronenmikroskopie zwecks Untersuchung der chemischen Zusammensetzung und des Massenaufbaus;
- Messungen von Porosität (DIN 52.102), Wasseraufnahme (DIN 52.103) und Sättigungswert (DIN 52.113), Kapillarwasseraufnahme (DIN 52.617 E), Porengrößenverteilung (Quecksilberporosimetrie), Luft- und Wasserpermeabilität sowie innerer (spezifischer) Oberfläche (Gasadsorption) zwecks Analyse der porenraumbezogenen Eigenschaften und Merkmale;
- Untersuchungen zur Druckfestigkeit (DIN 51.233; 52.105), Oberflächenhärte (Eindruckverfahren), Verschleißprüfung (Schleifscheibe nach BÖHM; DIN 52.108) und Oberflächenverschleißprüfung zwecks Ermittlung der Festigkeitseigenschaften;
- Frost-Tauwechsel-Versuch (DIN 52.104), Kristallisationsversuch mit Natriumsulfat (DIN 52.111; Richtlinie VDI 3797) sowie Bewitterung in SO_2-Atmosphäre nach KESTERNICH (DIN 50.018) bei wechselnder Luftfeuchte zwecks Simulation der Verwitterung in schwefeloxidhaltiger Luft gemäß BAM-Verfahren (vgl. auch MARSCHNER 1979).

Als weiteres bautechnisches Verfahren ist die Prüfung der Ausbruchsfestigkeit zu nennen (vgl. LGA-Rundschau 80-4), die zur Vermeidung von Überbeanspruchungen der Biegefestigkeit im Ankerdornloch der Werksteinplatten beitragen soll. Dabei ist wichtig, daß die Prüfwerte des frischen Gesteins sich mit der Verwitterung ändern können: Gerade bei der Tendenz zu dünnen Platten sind hierdurch Komplikationen möglich.

Darüber hinaus gibt es eine große Zahl spezieller Methoden. Einige Autoren schlagen Schleif- oder Bohrverfahren vor, um das Verwitterungsprofil durch die

angewitterte Gesteinsrinde hindurch bis zum frischen Innern zu kennzeichnen durch die Festigkeitsminderung der verwitterten Partien. VOLKWEIN (1980) entwickelte ein Verfahren für Labors und Steinmetzbetriebe, das Auflockerungszonen oder Risse am Gesteinsquader durch verminderte Reflexion von Ultraschall anzeigt. SNETHLAGE empfiehlt zum Studium des Verwitterungsverhaltens von Steinen an Münchener Bauten ein Bewitterungsverfahren, das dem jährlichen Klimagang von München angepaßt ist (frdl. Mitt.).

1.7.2. Geländeverfahren

Neben den Laborversuchen sind Tests wichtig, die in natürlicher Exposition am Werkstein selbst durchgeführt werden. Hier sei lediglich auf zwei außen anwendbare Verfahren hingewiesen:

- Zur quantitativen Untersuchung des Einflusses von Luftverunreinigungen hat LUCKAT (u.a. 1981) eine Immissions-Raten-Meß-Anlage (IRMA) konstruiert (vgl. Richtlinie VDI 3794 Bl. 1, Entwurf), die inzwischen an zahlreichen ausgewählten Orten der Bundesrepublik, darüber hinaus weltweit, installiert worden ist. Die lufthygienische Messung kann gekoppelt werden mit der Beobachtung des Verwitterungsfortschrittes an ausgewählten und spezifisch exponierten Gesteinsprobekörpern.
- Zur Kennzeichnung der Oberflächenverwitterung von Werksteinen wurde von GRIMM & VÖLKL (1983) ein zerstörungsfreies und direkt vor Ort anwendbares Verfahren entwickelt: Es beruht auf Messungen der Oberflächenrauhigkeit an Gesteinsabdrücken und ermöglicht bei geeigneter Objektauswahl eine Feststellung der externen Verwitterungsprogression mit der Zeit.

Viele Forscher betonen die Unzulänglichkeiten bei der Übertragung von Laborergebnissen auf die natürliche Verwitterung. Schon STOIS (in REIS 1935) schreibt dazu: „So aufschlußreich eine zweckdienliche Laboratoriumsarbeit, so wertvoll im einzelnen kurzfristige und künstliche Verwitterungsversuche sein können, das allgemeine Bild der Erscheinungen würde durch sie allein gefälscht. Den Versuchen im Arbeitsraum, ja selbst dem Arbeiten in kleinem Maßstab soll und darf nur eine beschränkte, programmatische Bedeutung beigemessen werden. Die Entscheidungen über den Wert und Unwert konservierender Maßnahmen können schließlich nur durch den langjährigen Natur- und Großversuch an den Bauwerken selbst getroffen werden."

Neben der Inhomogenität der Werksteine und der Einseitigkeit der Prüfverfahren, die der Vielfältigkeit in der Natur nicht gerecht wird, stellt die Zeitraffung im Experiment eine Verfälschung des natürlichen Verwitterungsvorganges dar. Es lag deshalb nahe, die Laboranalysen zu ergänzen durch Beobachtungen des Verwitterungsgeschehens am Bauobjekt selbst. ZEHNDER (1982) ging diesen Weg, als er die Verwitterung von Molassesandsteinen der Ostschweiz am Bauwerk selbst und in Naturaufschlüssen untersuchte. FRANK (1983) verglich das Verwitterungsverhalten der in Goslar verbauten Werksteine mit der Verwitterung in den Steinbrüchen. In einem Forschungsprogramm, in dem die Werksteinverwitterung in München in Abhängigkeit von Ort und Zeit untersucht wird, wenden GRIMM und Mitarbeiter (GRIMM 1980, 1983) eine ähnliche Methode an: „Die Stadt München soll sozusagen

als großes Laboratorium angesehen werden; und die Experimente, die die Natur selbst Jahrzehnte oder Jahrhunderte lang an einer breiten Palette von Werksteinen vollzog und vollzieht, sollen nachträglich am Objekt registriert und dann (erst) mittels geologischer, petrographischer, physikalischer, chemischer und technischer Analysen beurteilt werden" (GRIMM 1980, S. 36).

Dieser Vorstellung entspricht weitgehend auch DIN 52.106, die die Beurteilungsgrundlagen für die Verwitterungsbeständigkeit mitteilt. Sie empfiehlt neben den Laborprüfungen zum Verwitterungsverhalten auch folgende Erhebungen an den Werksteinen bestehender Bauwerke:

- Lage und Art des Bauwerks
- klimatische Verhältnisse
- besonders exponierte Bauteile
- Möglichkeiten der Durchfeuchtung und Austrocknung des Bauwerks oder einzelner Bauteile
- Bestandsaufnahme und genaue Identifizierung der verwendeten Gesteine
- Bearbeitung und Art des Einbaus der Gesteine und deren Lage im Bauwerk
- nachträgliche Behandlung der Bausteine
- mögliche Einflüsse mitverwendeter Baustoffe
- Art und Tiefe der Bausteinverwitterung.

2. Verwitterungsvorgänge

2.1. Chemische Verwitterung

„Chemische Verwitterung tritt ein, wenn ein thermodynamisches Ungleichgewicht zwischen Wasser und Gestein gegeben ist. Dabei müßte sich Untersättigung durch Lösungserscheinungen an den Mineralien, Übersättigung durch Mineralneubildung und Ausfällung bemerkbar machen" (OHSE, MATTHESS & PEKDEGER 1983).

Die wichtigsten gesteinszerstörenden chemischen Reaktionen sind Lösung, chemische Verdrängungen und Umsetzungen sowie Ausfällung. Diese Vorgänge können kombiniert auftreten. Die chemischen Wirkungen sind einerseits von der Art und Aggressivität des Wassers (samt Säuren und gelösten Gasen und Salzen), andererseits von der chemischen Resistenz der Mineralien im Gestein abhängig. Oft ziehen erste Umsetzungen – z.B. Salzbildungen – weitere beschleunigte Reaktionen nach sich.

Als Aggressorien im Wasser wirken besonders die weitgehend natürlich gegebene Kohlensäure H_2CO_3, bei anthropogener Belastung zusätzlich vor allem die Schwefelsäure H_2SO_4, die vorwiegend aus dem SO_2 der Rauchgase gebildet wird durch katalytische oder photochemische Oxidation im Gestein oder bereits in der Luft (vgl. Abschnitt 3.2.). Weniger wichtig sind Salzsäure HCl und Salpetersäure HNO_3.

Die chemische Resistenz der Mineralien ist unterschiedlich. So z.B. ist die Löslichkeit der meisten Salze sehr hoch, von Gips hoch, von Calcit

beträchtlich, von Dolomit etwas abgeschwächt, von Silikaten gering bis sehr gering. Grob schematisch verhält sich die Löslichkeit von Gips : Calcit : Silikaten wie 3000 : 100 : 1; im einzelnen ist sie stark abhängig von der Art und Konzentration des Lösungsmittels, vom pH-Wert sowie von der Temperatur. Auch die Lösungsgenossen – vor allem die gelösten Salze im Wasser – verändern die Löslichkeit beträchtlich; für die Verwitterungsvorgänge in Stadtbereichen mit Salzstreuung mag es z.B. wichtig sein, daß die Löslichkeit von $CaCO_3$ in NaCl-angereichertem Wasser erheblich heraufgesetzt wird.

Der Angriff der K o h l e n s ä u r e - aggressiven Wässer bedingt vor allem, daß die Karbonate (Calcit, Dolomit) als Bikarbonate gelöst werden; damit kann ggf. eine Wiederausfällung von Calcit in benachbarten Porenräumen verbunden sein. Dagegen bilden sich mit a n d e r e n S ä u r e n (Schwefel-, Salz-, Salpetersäure) neue Mineralien bzw. Salze: Sulfate, Chloride, Nitrate (Salpeter). Die Kationen dieser Salze können aus dem Gestein selbst stammen, sie können aber auch aus dem Boden aufgesogen, aus künstlichen Baumaterialien (Mörteln usw.) ausgelaugt oder aus angewehtem Staub zugeführt werden. Mit der Vielfalt der Salze in Bausteinen haben sich ausführlich DE QUERVAIN (1945) sowie DE QUERVAIN & JENNY (1951) befaßt. ARNOLD (1981, S. 163) zählt zu den „verwitterungsaktiven Salzmineralien" in Mauerwerken „neben den Sulfaten, Nitraten und Chloriden der Alkali- und Erdalkalimetalle auch die Carbonate der Alkalimetalle und die schwerlöslichen Erdalkalicarbonate Calcit, Dolomit, Hydromagnesit und Nesquehonit sowie Magnesit. Die letzteren, weil sie mit anderen Salzen Reaktionen eingehen oder Produkte von solchen sind".

Im einzelnen sind die Reaktionen zwischen den verschiedenen Salzen und mit den verschiedenen Säuren im infiltrierenden Wasser oder in der feuchten Luft äußerst kompliziert. KRAUS (1983, S. 61 ff.) hat ein Testprogramm über den Angriff verschieden saurer Lösungen auf verschiedene Gesteine entwickelt, das den natürlichen Bedingungen chemischer Lösungen nahekommen mag und Aussagen zuläßt über das Verhalten der Gesteine bei chemischer Verwitterung; überraschend ist dabei, daß Sulfitlösungen entgegen Sulfatlösungen eine höhere Aggressivität bei karbonathaltigen Sandsteinen haben. Bei schwach sauren bis schwach alkalischen Verwitterungslösungen (pH 4–9) variiert der Angriff nur unwesentlich.

Wichtigstes der R e a k t i o n s p r o d u k t e ist der Gips ($CaSO_4 \cdot 2\ H_2O$), der aus der Umsetzung von Calcit mit schwefelsauren Wässern entstehen kann. Er wirkt nicht nur als chemisch leichter lösliches Produkt verwitterungsfördernd, sondern vor allem physikalisch durch die Salzsprengung (s. unten, Abschnitt 2.2.1.). Andere „Mauersalze" sind der Bassanit ($CaSO_4 \cdot 1/2\ H_2O$) und die in nachfolgender Tabelle aufgelisteten Salze. Sie liegen meist als nadelige Neubildungen, aber auch als isometrische oder blättrige Kristalle, als Kristallskelette oder in amöboiden Formen vor. Eine Übersicht über die Vielzahl weiterer „Ausblühungssalze", die in Bausteinen auftreten können, geben ARNOLD (1981, Tab. 1) und ZEHNDER (1982, Tab. 24). Während die Sulfat-Neubildungen im Inneren der Werksteine weitgehend aus Gips bestehen, ist dieser gewöhnlich an der Gesteinsepidermis sowie in den Außenkrusten und Ausblühungen stärker gemischt mit Natrium- und Magnesiumsulfaten und anderen Salzen.

Im folgenden ist die Löslichkeit einiger Salze in Süßwasser, vereinfacht nach WINKLER (1975, S. 139), dargestellt:

			Löslichkeit:
Karbonate	Calcit	$CaCO_3$	40–85 ppm
	Dolomit	$CaMg(CO_3)_2$	weniger löslich
	Siderit	$FeCO_3$	10–25 ppm
Sulfate	Gips	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$	2000 ppm
	Anhydrit	$CaSO_4$	weniger löslich
	Epsomit	$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	262 g/l bei 20° C
			335 g/l bei 50° C
	Hexahydrit	$MgSO_4 \cdot 6H_2O$	308 g/l bei 20° C
			355 g/l bei 60° C
	Thenardit	Na_2SO_4	388 g/l bei 40° C
			453 g/l bei 60° C
Chloride	Bischofit	$MgCl_2 \cdot 6H_2O$	2635 g/l bei 20° C
			2710 g/l bei 60° C
	Halit	NaCl	264 g/l bei 20° C
			274 g/l bei 60° C

Da Gips weniger löslich ist als z.B. Natrium- oder Magnesiumsulfate, verhält er sich im Gesteinsverband stabiler und stationärer und somit weniger zerstörend als diese. (In diesem Zusammenhang sei auf die unerwartet gute Beständigkeit von Gipsplatten und -quadern hingewiesen, wie sie z.B. in Norddeutschland oder in der Toskana, aber auch in Nordbayern außen verbaut wurden.)

Die Löslichkeit von Gips, Calcit und Dolomit ist nicht nur in geologischen Zeiträumen evident, sondern wird schon in einer Menschengeneration erkennbar: Naturwerksteine werden oberflächlich rauh und mit einem Mikrokarstrelief überzogen (GRIMM & VÖLKL 1983); innerhalb der Gesteine können die Lösungsvorgänge zur Erweiterung der Poren, zur Lockerung des Kristallverbandes oder – bei kalkig und dolomitisch gebundenen Sandsteinen – zum Absanden durch Verlust des Bindemittels führen.

Die Lösung oder Umwandlung der Silikate verläuft wesentlich langsamer als die der Karbonate, Sulfate, Chloride und Nitrate. Dem Geologen sind die natürlichen, in Jahrtausenden oder Jahrmillionen geschaffenen tiefgründigen Verwitterungszonen über Kristallingesteinen bekannt. Dabei zerlegen die Wasserstoffionen des dissoziierten Wassers die Silikate (Hydrolyse). Bezüglich der hydrolytischen Verwitterung kann für die wichtigsten gesteinsbildenden Silikate folgende Resistenzreihe vom Instabileren zum Stabileren aufgestellt werden: Olivin, Augit, Ca-Plagioklase, Hornblende, Biotit, Na-Plagioklase, Kalifeldspat, Muskovit, Quarz. Unter humiden Bedingungen bildet sich z.B. Kalifeldspat in Kaolinit und Illit um, Albit in Kaolinit und Montmorillonit (siallitische Verwitterung). Die neugebildeten Tonmineralien setzen die Festigkeit der Kornbindung herab und lockern den Gesteinsverband zusätzlich durch Quellungs- und Schrumpfungsvorgänge. An silikatischen Naturwerksteinen der BRD, die Jahrzehnte oder Jahrhunderte exponiert sind, wurden zwar deutliche Kationen-Lösungen, aber nur geringfügige Mineralumbildungen – z.B. Kaolinisierung von Feldspäten oder anderen Silikaten – beobachtet; wo sich solche Umwandlungen andeuten, bleiben sie für die Praxis von geringer Wirksamkeit. Selbst die

Verwitterungsanfälligkeit des glimmerartigen Silikatminerals Glaukonit, das für die Färbung der Grünsandsteine verantwortlich ist und lange Zeit als chemisch besonders anfällig galt, erwies sich bei näheren Untersuchungen als gering (frdl. Mitt. Dr. habil. R. SNETHLAGE).

Ein gravierender Verwitterungseffekt kann bei foidhaltigen Basalten und ähnlichen Ergußgesteinen auftreten und führt zur Bezeichnung „Sonnenbrenner". Er wird verursacht durch die Umwandlung von Nephelin in Hydronephelin oder Analcim, die mit Volumenvermehrung verbunden ist und Sprengwirkungen im Gefüge auslösen kann. Sonnenbrenner sind vor allem bei der Nutzung basischer Ergußgesteine als Schotter oder Pflastersteine gefürchtet; sie können aber auch bei der (selteneren) Verwendung als Naturwerksteine deren Festigkeit herabsetzen.

Ein Verwitterungseffekt, der zwar die Gesteinsfestigkeit nicht mindert, aber die äußerliche Erscheinung beeinträchtigen kann, ist die Lösung oder Umsetzung von Pigmenten, vor allem von rot, braun oder grün färbenden Eisenverbindungen, von schwärzlichen Manganverbindungen und von grau bis schwarz färbenden organischen Verbindungen. An Eisen und Mangan werden vor allem die leicht löslichen oxidischen und hydroxidischen Verbindungen, nicht aber das „pyrogene" Eisen und Mangan der Silikatverbindungen entzogen. Der Lösungsvorgang mag beschleunigt werden durch mikrobielle Reduktion des Fe^{3+} in Fe^{2+}. Die färbenden organischen Verbindungen bilden sich unter Bleichung z.T. schon durch Licht- oder UV-Strahlung um. Farbprächtige Gesteinsoberflächen können durch derartigen Pigmententzug schon nach wenigen Jahren bis Jahrzehnten erhebliche Farbverluste aufweisen oder gänzlich entfärbt werden. Hierauf ist beim Steinersatz, bei dem oft verwitterte und frische Gesteine kombiniert werden, zu achten.

Umgekehrt kann ein ehemals helles Gestein kräftig in seiner Gesamtheit oder in Flecken und Streifen verfärbt werden. Die Pigmente können fremd aus der Umgebung zugeführt werden oder im Gestein selbst entstehen (z.B. durch Umwandlung der Ferriverbindungen Siderit oder Pyrit oder der Silikate Biotit und Glaukonit in die Ferroverbindung Limonit). Bei der Umwandlung von Pyrit kann zudem der Schwefelgehalt zur Neubildung von Eisen-, Magnesium- und Calciumsulfaten oder Alaunen führen und die Salzverwitterung verstärken.

Eine häufig beobachtbare Verwitterungsform in Verbindung mit Naturwerksteinen ist das Rosten von Eisenhalterungen und -dübeln; es führt nicht nur chemisch zu Verfärbungen im umliegenden Gestein, sondern durch die Volumenvermehrung auch zur mechanischen Sprengung selbst dicker Gesteinsblöcke. Ebenso können falsch abbindende Betonplomben auch mächtige Steinquader zum Bersten bringen.

2.2. Physikalische Verwitterung

Die physikalische Verwitterung wirkt durch

- Salzsprengung (Kristallisationsdruck und/oder Hydratationsdruck) durch neugesproßte oder umgebildete Salze;

- Schrumpfen und Quellen von Tonmineralien;
- Frostsprengung;
- Temperaturverwitterung durch tägliche Temperaturschwankungen, durch Insolation und durch Brand;
- Bruchvorgänge durch statische oder dynamische Belastungen einschließlich Kriegseinwirkungen sowie Abnutzungen durch Abrieb und Bestoßen;
- plastische Deformation (Wölben von Marmorplatten).

2.2.1. Salzsprengung

Salzsprengung erfolgt, wenn die in Gesteinshohlräumen neugebildeten oder umgebildeten Salzkristalle gegen die Porenwände drücken. Die chemischen Reaktionen hierzu wurden in Abschnitt 2.1. diskutiert. Wirksam bei der Salzsprengung sind der Kristallisationsdruck bei Neusprossen der Kristalle sowie der Hydratationsdruck bei der Umwandlung einer niedrigeren Hydratationsstufe in eine höhere unter Volumenvermehrung. Ferner ist die Frequenz der Volumenvermehrung bzw. Schrumpfung für den mechanischen Zerstörungseffekt mitentscheidend.

Der Kristallisationsdruck wachsender Kristalle in kleinen Gesteinsporen wurde eingehend untersucht (CORRENS 1949; Literaturübersicht in EVANS 1970). Voraussetzung ist eine übersättigte Lösung; wichtige Faktoren, die den Ablauf beeinflussen, sind der Grad der Übersättigung, die Temperatur- und Verdunstungsverhältnisse und die Porengeometrie.

Die Kristallisationsdrucke (in MN/m^2) für einige der in Abschnitt 2.1. genannten Mineralien bzw. Salze betragen (abgewandelt nach WINKLER 1975, S. 120) in Abhängigkeit von der Temperatur und der Übersättigung (Konzentration C/Sättigungskonzentration C_S):

Mineral	$C/C_S = 2$		$C/C_S = 10$		$C/C_S = 50$	
	0°C	50°C	0°C	50°C	0°C	50°C
Gips	28,2	33,4	93,8	111,0	159,5	190,0
Anhydrit	33,5	39,8	112,0	132,5	190,0	226,2
Epsomit	10,5	12,5	35,0	41,5	59,5	70,8
Hexahydrit	11,8	14,1	39,5	46,9	67,1	80,0
Mirabilit	7,2	8,3	23,4	27,7	39,7	47,3
Thenardit	29,2	34,5	97,0	115,0	165,0	196,5
Halit	55,4	65,4	184,5	219,0	313,5	373,7

Damit können die Zugfestigkeiten der meisten Gesteine überschritten werden, selbst wenn die Übersättigung nicht allzu hoch veranschlagt wird.

Die Hydratisierung führt zur Volumenvermehrung beim Einbau von (zusätzlichem) Kristallwasser in den Kristall. Sie erfolgt mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten. Berührt der sich dehnende Kristall die Porenwandungen, so können erhebliche Drucke wirksam werden; sie sind unter anderem abhängig von

den Lösungsgenossen, von der Temperatur und von der Luftfeuchte und betragen (zusammengefaßt nach WINKLER 1975, S. 124) für Luftfeuchten zwischen 70 und 100% z.B.

- für den Übergang von Bassanit ($CaSO_4 \cdot 1/2H_2O$) in Gips ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$): 70,2– 219,0 MN/m^2 (zwischen 40 und 0°C);
- für den Übergang von Hexahydrit ($MgSO_4 \cdot 6H_2O$) in Epsomit ($MgSO_4 \cdot 7H_2O$): 4,0–14,6 MN/m^2 (zwischen 30 und 10° C);
- für den Übergang von Thermonatrit ($Na_2CO_3 \cdot H_2O$) in Heptahydrit ($Na_2CO_3 \cdot 7H_2O$): 8,8–93,8 MN/m^2 (zwischen 20 und 0°C);
- für den Übergang von Heptahydrit ($Na_2CO_3 \cdot 7H_2O$) in Natron ($Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$): 0,0–81,6 MN/m^2 (zwischen 20 und 0°C).

Auch diese Hydratationsdrucke genügen – wie die Kristallisationsdrucke – zur Überschreitung der Zugfestigkeiten der meisten Gesteine. Sie führen zur Lockerung des Kornverbandes vor allem dann, wenn die Hydratisierungsgeschwindigkeiten und damit die Frequenz der Kristalldehnung und -schrumpfung hoch sind.

2.2.2. Volumenveränderung von Tonmineralien

Einbau oder Abgabe von Wasser führen bei aufweitbaren Tonmineralien ebenfalls zu deren Volumenvermehrung oder -minderung. Bei Einengung im Porenraum entstehen dadurch Drucke, die erheblich zur Zerrüttung des Gefüges in ohnehin meist wenig fest gebundenen tonigen Sandsteinen oder Karbonaten beitragen dürften. Auch bei wenig aufweitbaren glimmerartigen Mineralien, wie z.B. Biotiten oder Glaukoniten, wurden Sprengeffekte beobachtet.

2.2.3. Frostsprengung

HIRSCHWALD (1912) hat seine Frosttheorie auf der Tatsache aufgebaut, daß Wasser beim Gefrieren eine Volumenvermehrung von etwa 10% erfährt; diese Theorie besagt, daß Frost erst bei einer Wasserfüllung der Poren zu 9/10 gefährlich werden kann, so daß der Sättigungskoeffizient des Gesteins entscheidend ist. Schon KIESLINGER (1932, S. 112 ff.) erkannte darüber hinaus mannigfaltige Komplizierungen durch die Verbindungen der Gesteinshohlräume untereinander, die der wachsenden Eismasse bzw. der von ihr geschobenen Wassermasse einen Ausweg öffnen oder verweigern. WINKLER (1975, S. 176) erläutert ausführlich die Einflüsse der Wassersättigung im Porenraum, der Porengrößen und der Durchlässigkeit des Porensystems: Werksteine mit größeren Poren sind weniger frostgefährdet als Gesteine mit durchschnittlichen Porengrößen unter 0,005 mm (kritische Porengröße). Da das Wasser in kleineren Poren nicht bei 0°C, sondern erst bei tieferen Temperaturen in Eis übergeht, setzt das Gefrieren im Gestein in den größeren Poren ein und greift dann erst auf die kleineren Poren über; kann das Eis sich dort nicht im Hohlraum ausdehnen, so drückt es gegen die Porenwandungen und kann zum Aufbrechen des Mineralgerüstes führen. Die Porenradienverteilung, meßbar durch die Quecksilberporosimetrie, ist somit in mehrfacher Hinsicht für den

Vorgang der Frostsprengung mitentscheidend. Neuerdings hat sich FEIX (1982) eingehend mit den wesentlichen Einflußfaktoren bei Frost-Tau-Wechselversuchen an Mineralstoffen befaßt.

Die Erkenntnis, daß der Grad der Wassersättigung des Gesteins bedeutsam für die Frostsicherheit ist, führte in der DIN 52.113 zur Herausstellung des Sättigungswertes (S-Wertes). Dieser ist als das Verhältnis der Wasseraufnahme w_a einer Gesteinsprobe unter Atmosphärendruck zur Wasseraufnahme w_d derselben Probe unter einem Druck von 150,0 MN/m² definiert. Je kleiner der Sättigungswert, desto größer ist normalerweise die Frostbeständigkeit. Nach DIN 52.106 ist ein Gestein

- bei s kleiner als 0,75 frostbeständig
- bei s gleich 0,75 bis 0,90 je nach Verwendung unbeständig oder beständig
- bei s größer als 0,90 nicht frostbeständig.

Aus den Mechanismen der Frostsprengung ergibt sich auch, daß manche Gesteine in ständig vernäßten Sockel- und Fundierungsbereichen frostgefährdet sind, während sie in höheren Bauteilen mangels Wassernachschubs als frostsicher gelten.

Bezüglich eines Gegenmittels gegen die Frostsprengung erklärt KIESLINGER (l.c.) lapidar, daß „der Kampf gegen den Frost im wesentlichen ein Kampf gegen die Feuchtigkeit" ist.

2.2.4. Temperaturverwitterung

Die Temperaturverwitterung beruht auf den unterschiedlichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten der Mineralien, die das Gestein aufbauen. Gleiche Mineralien können sich zudem in verschiedenen Richtungen unterschiedlich dehnen, was z.B. beim grobkörnigen Marmor wirksam werden könnte. Da dunkle Mineralien bzw. Gesteine mehr Licht absorbieren als hell reflektierende, kommt es zu unterschiedlichen Erwärmungen, die an den Kontakten zu Spannungen führen mögen. Insgesamt wirken sich die Ausdehnungskoeffizienten der Mineralien bei den üblichen Temperaturunterschieden und bei einmaligem Wechsel nur gering aus, dürften auf Dauer aber doch zur Zerrüttung des Gesteinsgefüges führen.

Starke Effekte ergeben sich bei anormal hohen Erhitzungen, wie sie vor allem mit Bränden einhergehen. Besonders bei einseitiger Erhitzung sind die Temperaturgradienten kraß. Zu den Spannungen durch thermische Ausdehnung können solche durch Mineralumwandlungen oder Frittungen hinzukommen. Zahlreiche Bauwerke in brandbombengeschädigten Ortschaften weisen derartige Erscheinungen auf.

Der Sprengeffekt bei der Erhitzung wird neuerdings bewußt eingesetzt, um der Oberfläche vor allem kristalliner Gesteine durch „Beflammen" mittels Brennstrahlgerät einen unregelmäßig-muscheligen Effekt zu verleihen. Doch sind dabei auch tieferreichende Gefügebeeinträchtigungen nicht ausgeschlossen.

2.2.5. Bruchvorgänge durch Last-, Schlag- und Schleifbeanspruchung

Auf die überraschend weite Verbreitung und Vielfalt von Schäden an Werksteinen durch statische oder dynamische, einmalige oder wiederholte, großflächige oder punktuelle Belastungen machte mich U. SCHWARZ (frdl. mündl. Mitt.) aufmerksam. Die Schäden treten auf, wenn örtliche Druck- und Scherbeanspruchungen größer sind als die Kornbindungskräfte oder wenn die Biegezugfestigkeit des Gesteins nicht genügt. Durch Setzungen und Senkungen können Risse und Brüche an den Gebäuden und Denkmälern auftreten. Bei unvermörtelten Fugen führen die punktuellen Spitzenspannungen zu Absprengungen in der Fugenfläche. Einmalige kurzfristige Stoß- und Schlagbeanspruchungen, auch durch Geschosse und Bombensplitter, bedingen Risse, Löcher oder Schlagtrichter.

Zu den Stoß- und Schlagbeanspruchungen führen nicht zuletzt auch manche Gewinnungsmethoden im Steinbruch sowie die Bearbeitung der Werksteine durch den Steinmetzen: Sprengungen und Bohrungen vor Ort können das Gefüge aufbrechen; Bossieren, Stocken, Spitzen, Scharrieren usw. verursachen erhebliche punktuelle Beanspruchungen, die nicht nur die gewünschte Skulptierung der Steinoberfläche, sondern auch Verletzungen im darunter liegenden Gesteinsverband provozieren können. STEIN (in OEL 1983, S. 52) weist darauf hin, daß moderne maschinelle Beanspruchung stärker wirkt als mittelalterliches Beilen.

Bei stetig wiederkehrenden Erschütterungen, die direkt am Stein oder seiner Aufhängung angreifen oder als Schwingungen übertragen werden, häufen sich solche Schäden. Diese dynamischen Belastungen können gegeben sein durch ständige Tritt- oder Schleifbeanspruchungen, durch Straßenverkehr und schwingungserzeugende Maschinen, ggf. auch durch Winddruck und -sog. Bei weichen Gesteinen oder bei Materialien mit minderer Kornbindung kann sich das Schadensbild allmählich entwickeln durch kratzende und schleifende Abtragung: Die beanspruchten Steinpartien werden vertieft, die Ecken gerundet, die Flächen poliert. Oft bleiben die Effekte zunächst unsichtbar; erst die Aufsummierung und zunehmende Zermürbung des Gesteinsgefüges führen zur Überschreitung der Festigkeit und zum plötzlichen Schadensereignis: Das Gestein bricht und bröckelt oder reißt aus der Verankerung.

2.2.6. Plastische Deformation (Wölbung von Marmor)

Abschließend sei auf einen physikalischen Verwitterungseffekt hingewiesen, dessen Entstehung noch umstritten ist: das bruchlose Durchbiegen von Marmor, selten auch von anderen Gesteinen, in Leisten, Platten oder dicken Balken bei gleichzeitiger Längenänderung. WINKLER (1975, S. 57) bezeichnet diese Erscheinung als „plastische Deformation". Sie ist häufig auf Friedhöfen zu beobachten, kann aber auch an marmorverkleideten Hausfassaden schon nach wenigen Jahren auffallen. Nach KIESLINGER (1932, S. 229 ff.) sind solche Durchbiegungen bei älteren Marmorplatten keinesfalls eine Ausnahme, sondern eher die Regel. Er hat die Erscheinungsformen und Gründe ausführlich diskutiert. Daß die Schwerkraft mitbestimmend ist, erscheint in vielen Fällen evident. Ob zusätzlich eine einseitige Erwärmung oder Frostwirkung eine Rolle spielt, ist bislang unentschieden. KIESLINGER (l.c.) gibt an, daß die durch Erwärmung hervorgerufene Ausdehnung

der Marmorplatten bei der Abkühlung nicht vollkommen zurückgehe; im Laufe der Zeit summieren sich also die Dehnungseffekte, so daß Krümmungen vor allem bei eingespannten Platten auftreten. LUCKAT (in OEL 1983, S. 50) vermutet, daß einseitige Sulfatneubildungen auf den Innenseiten der Marmorplatten zu Dehnungen und damit Durchbiegungen führen. Die Deformationen im Marmor mögen erleichtert werden durch Translationen auf den Zwillingsebenen der Calcitkristalle. Im Endzustand der plastischen Deformation führt die Überbeanspruchung zu Rißbildungen, schließlich bricht der Stein.

2.3. Biologische Verwitterung

Tiere, höhere Pflanzen, Moose, Pilze, Flechten, Algen und Bakterien besiedeln das Gestein oberflächlich und bis tief in die Hohlräume hinein. Bei unseren Untersuchungen an Naturwerksteinen im Umkreis von München fielen die individuen- und artenreichen mikrobiologischen Vergesellschaftungen in ländlichen Gebieten und städtischen Grünzonen und die dagegen stark verarmten Besiedlungen in den bebauten Stadtbereichen auf. Für Untersuchungen zum Verwitterungsverhalten von Naturwerksteinen ist der Bewuchs von Flechten aufschlußreich, da bestimmte Arten den Grad der Luftverunreinigung sensibel anzeigen.

Die unmittelbaren und mittelbaren biologischen Verwitterungseinflüsse auf die verschiedenen Gesteinsarten sind nach Art und Ausmaß teilweise noch umstritten. Diesbezüglich sei auf die Arbeiten von KRUMBEIN (z.B. 1966, 1968, 1973) verwiesen. Die Wirkung der T i e r e dürfte sich, zumindest in Bayern, im wesentlichen auf Verunreinigungen durch Exkremente – z.B. von Tauben an Kirchtürmen oder von Hunden in Unterführungen und Mauerwinkeln – beschränken (vgl. KIESLINGER 1932, S. 141 ff.; HEROLD 1976); bei der mangelnden Kanalisation früherer Zeiten haben darüber hinaus die menschlichen Abfälle eine wichtige Umweltbelastung dargestellt und zur Säureaggression und Salzanreicherung im Gestein beigetragen. H ö h e r e P f l a n z e n wirken mechanisch: Sie sprengen Gesteinsplatten und hebeln Blöcke aus dem Untergrund, wobei der Radialdruck der Wurzeln mit bis zu 1,5 MN/m^2 veranschlagt werden kann; wesentliche chemische Schädigungen durch höhere Pflanzen – auch durch Schling- und Klettergewächse – wurden nicht nachgewiesen. Gräser, z.B. auch Mais, können dagegen karbonatische Unterlagen anätzen (KIESLINGER 1932, S. 162). Moospolster und Flechten speichern die Feuchtigkeit am Gestein und verstärken dadurch die Verwitterung mittelbar. Für manche Flechtenarten wird darüber hinaus ein ätzender Effekt beschrieben, für den wir jedoch bezüglich der in Bayern beheimateten Arten kaum Hinweise fanden.

Wichtiger ist der Einfluß von M i k r o o r g a n i s m e n. Photoautotrophe Algen, Cyanobakterien, Flechten sowie chemoautotrophe Stickstoff- und Schwefeloxidierende Bakterien sind Erstbesiedler auf dem frischen Gestein. Dagegen benötigen heterotrophe Pilze und Bakterien bereits organische Substanz; trotzdem entwickeln auch sie sich oft überraschend schnell, da sie von organischen Stoffen im Fels oder im Luftstaub leben können. Insgesamt erfolgt der mikrobiologische Angriff biochemisch durch Sekretionen und photosynthetische Aktivitäten; dadurch werden chemische Reaktionen erzeugt oder beschleunigt, Salze gebildet

und organische Säuren bereitgestellt, die Calcit und Pyrit, aber auch Silikatmineralien angreifen (vgl. auch WINKLER 1975, S. 154, sowie VAN DER MOLEN 1980).

Nach ECKHARDT (1983, S. 75 ff.) können Stickstoff-oxidierende Bakterien unter speziellen Bedingungen Mineralkomponenten zu löslichen Nitraten umsetzen; Schwefel-oxidierende Bakterien erzeugen Sulfat aus Sulfiden, Schwefel und Thiosulfat. Heterotrophe Mikroorganismen können in erheblichen Mengen organische Säuren (Fett-, Glucon-, Amino-, Oxal- und Citronensäure) bilden, die zum Teil stark sind und das Kristallgitter von Mineralien durch Herauslösung von ein- und mehrwertigen Kationen zerstören. Vor allem mikroskopisch feine Pilze, wie sie in Gesteinen verhältnismäßig zahlreich vorkommen, können niedrige pH-Werte bis 1,6 herunter bedingen, so daß auch Feldspäte und Biotite angegriffen werden. Verschiedene Beobachtungen zeigen nach ECKHARDT (l.c.), daß diese Verwitterungseinwirkungen vielfach lange Zeit unter einer gesund erscheinenden Gesteinsepidermis wirken und fortschreiten können und somit zur Schalenbildung beitragen. ECKHARDT (1978) bildet Mycelia mit Mineralausfällungen und typischen Kaolinneubildungen ab, die im Gestein und in aufgesetzten Krusten gefunden wurden. Gleichartige Erscheinungen entdeckten wir nicht selten bei unseren Naturwerkstein-Analysen in München. KRUMBEIN (in OEL 1983, S. 85) bestätigt, daß Umwandlungen von Feldspäten in Tonmineralien durch die Tätigkeit von Mikroorganismen nachgewiesen wurden.

3. Verwitterungseffekte

3.1. Zur Wirksamkeit der verschiedenen Verwitterungsvorgänge

Trotz der Labor- und Geländeerfahrungen läßt sich zur Zeit weder für einzelne Objekte noch regional oder global abschätzen, welche Anteile die verschiedenen Verwitterungsarten am gesamten Verwitterungseffekt haben. Die Meinungen selbst kompetenter Wissenschaftler hierzu gehen oft noch weit auseinander.

C h e m i s c h e V e r w i t t e r u n g spielt für Werksteine eine entscheidende Rolle. Teilweise wirkt sie sich nur ä s t h e t i s c h aus: Flachgründige Anlösung der Gesteinsoberflächen – vor allem die Mikroverkarstung der Kalksteine und die Aufrauhung der Kalksandsteine – kann den äußerlichen Eindruck sehr beeinträchtigen, weniger aber das Festigkeitsverhalten. Ebenso verändern die Effekte der Pigmentlösung und -ausfällung zwar die Färbung der Gesteine, nicht aber deren Stabilität. Gravierender für das F e s t i g k e i t s v e r h a l t e n sind Lösungserscheinungen und Mineralumwandlungen, die tiefer ins Gesteinsinnere eingreifen; sie treten bevorzugt an den Körnern und Kristallen der Karbonate (samt Marmoren) oder am Bindemittel der kalkig gebundenen Sandsteine auf und führen zu Zermürbungen und Minderungen der Kornbindungen bis zum Kollabieren des Gefüges. Der Nachweis für solche Verwitterungseffekte kann durch mikroskopische und elektronenmikroskopische Betrachtung leicht erbracht werden: Dem Gefügezerfall gehen eine Anlösung und Rundung der Körner und damit eine Verminderung der Korn-zu-Korn-Kontakte voraus.

S a l z s p r e n g u n g ist ebenfalls ein entscheidender Verwitterungsbeitrag. Im einzelnen ist schwer entscheidbar, ob dabei der Kristallisationsdruck oder der Hydratationsdruck vorrangig wirkt. FITZNER & SNETHLAGE (1983, S. 11/12)

vermuteten diesbezüglich, „daß der Salzkristallisation im Porenraum aufgrund der geringen möglichen Kristallisationsdrucke kein entscheidender Betrag bei der Gesteinszerstörung zukommt. In Übereinstimmung damit steht die Beobachtung, daß beim Kristallisationstest die Gesteinszerstörung in aller Regel nicht beim Trocknungsvorgang, sondern beim Tauchvorgang und dem damit ausgelösten Hydratisierungsprozess des Na_2SO_4 einsetzt". Die Autoren weisen zudem darauf hin, daß „die Auswirkungen der ineinander greifenden Vorgänge des Kristallisations- und des Hydratationsdruckes sich offenbar nicht voneinander trennen lassen". Daß beide Effekte – wie auch immer sie kombiniert sein mögen – nicht nur im Labortest, sondern auch in der Natur eine wichtige Rolle zumindest bei der Verwitterung von Karbonatgesteinen und karbonatisch gebundenen Sandsteinen spielen, beweisen Auflockerungen, Rissbildungen und Abplatzungen, bei denen die Sprengwirkung der Salze durch mikroskopische Aufnahmen dokumentiert ist.

Welche Rolle die Volumenveränderung von Tonmineralien und die dadurch ausgeübten Drucke im Porenraum bei der Verwitterung spielen, ist weitgehend ungeklärt. U. SCHWARZ (frdl.Mitt.) hat beobachtet, daß Tonlagen über die Oberfläche der Werksteinplatten herausquellen. Ob aber auch diffus im Kornverband verteilte Tonpartikel oder einzelne Glimmer und Glaukonite durch wechselndes Quellen und Schrumpfen wirksam werden, ist unsicher.

Frostsprengung als wichtiger Verwitterungsangriff ist unbestritten. Doch gehen die Meinungen über ihre Bedeutung im einzelnen auseinander. KIESLINGER (1932) wies darauf hin, daß typische frostbedingte Effekte, z.B. Rißbildungen und Abplatzungen, a priori beschränkt seien auf weitgehend wassergesättigte Bereiche des Werksteins, z.B. auf oberflächennahe Zonen oder auf den vom Boden her durchnäßten Kapillarwassersaum. Gefährlich sind nach unseren Beobachtungen ein rascher Frost-Tau-Wechsel sowie eine Frostperiode, die unmittelbar auf eine Regenperiode folgt. Nach Einbau frisch gewonnener, noch bergfeuchter Werksteinkörper stellte KIESLINGER (1932) gelegentlich tiefreichende Absprengungen fest. Frostwirkungen treten zudem auch in bereits vorhandenen Gesteinsrissen auf (Spaltenfrost) und können dort – bei entsprechendem Wassernachschub, z.B. aus dem Bodenbereich oder aus erdigen Spaltenfüllungen – zum Auseinanderdrängen selbst schwerer Gesteinsbalken und -quader führen.

Die Effekte oberflächlicher Frosteinwirkung im Bereich sättigender Durchfeuchtung und Eispanzerung fanden wir immer wieder vor in Form flachgründiger Gefügezerrüttungen mit aufgelockertem Kornverband oder enggescharten oberflächenparallelen Rissen; seltener wurden scherbige Abplatzungen – vornehmlich bei dichten Gesteinen – beobachtet. Solche Frostschäden kommen bei allen Gesteinsgruppen vor. Während eine Verwechslung mit Salzsprengungen auszuschließen war, wenn keiner der Risse oder Porenräume Salzkristalle enthielt, mögen die Temperaturverwitterung, mechanische Effekte durch die Oberflächenbearbeitung oder natürliche Entspannungseffekte an der Auflockerung mitgewirkt haben.

Auch die Bedeutung der Temperaturverwitterung ist umstritten. Wie oben (Abschnitt 2.2.4.) erläutert, sind die Ausdehnungskoeffizienten der Mineralien bei den üblichen Temperaturunterschieden nur gering wirksam und bleiben beim einmaligen Ereignis ergebnislos. Doch mögen die enge Frequenz der

Temperaturschwankungen, die oft rasche Abkühlung, die örtlich erheblichen Temperaturunterschiede zwischen besonnten und schattigen Partien (Insolation) sowie der rasche Temperaturabfall von der Gesteinsoberfläche zum Inneren im Laufe der Zeit zur Gefügezerrüttung oder zu Abschalungen zusammenwirken. Dadurch werden Wege eröffnet für weitere Verwitterungsangriffe, z.B. durch das Eindringen von Wasser mit all den damit verbundenen Folgen.

B r u c h v o r g ä n g e durch Last-, Schlag- oder Schleifbeanspruchungen wurden in Abschnitt 2.2.4. erläutert. Ihre direkte Wirkung ist größer als normalhin angenommen. Zudem ziehen die neu geschaffenen Risse und Brüche indirekt andere Verwitterungseinflüsse nach sich. Daß allzu grobe Oberflächenbearbeitung durch den Steinmetzen dem Werkstein „unter die Haut" geht, konnte anhand von Kornzertrümmerungen in gestockten Partien nachgewiesen werden. Auch der Befund, daß gestockte Platten zu oberflächenparallelen Abplatzungen neigen, während polierte Platten seltener Schalenbildung aufweisen, mag auf Gefügeverletzungen durch die Bearbeitung hindeuten.

Spektakuläre Einzeleffekte der b i o l o g i s c h e n V e r w i t t e r u n g durch Tiere und höhere Pflanzen sind seit langem bekannt, spielen insgesamt aber keine wesentliche Rolle. Gravierender dürfte der im Verborgenen wirksame mikrobiologische Einfluß sein. Hinweise hierauf fanden wir in zahlreichen Proben verwitterter Gesteine, die darauf hindeuteten, daß die Tätigkeit der Mikroorganismen sich auslösend oder verstärkend auf die chemische Verwitterung auswirken kann.

Wie schwierig es ist, die Bedeutung all dieser Verwitterungsvorgänge im einzelnen abzuschätzen und gegeneinander abzuwägen, sei am Beispiel einer vom Gestein abplatzenden Schale aufgezeigt. Sie kann bedingt sein durch

- chemische Verwitterung mit Lösungsvorgängen und Mineralumsetzungen am Innenrand der vom Regen verursachten Vernässungszone;
- Salzsprengung durch rhythmisch neu sprossende oder hydratisierte Salze am selben Vernässungsrand;
- Frostsprengung, deren Wirkung ebenfalls auf die Vernässungszone beschränkt bleibt;
- Temperaturverwitterung durch wenig weit ins Gestein hineinreichende Temperaturschwankungen;
- Abplatzungen durch Gefügeverletzungen im Gefolge der handwerklichen Sichtflächenbearbeitung;
- Verstärkung der chemischen Verwitterung und der Salzsprengung durch mikrobiologische Vorgänge in der bereits aufgelockerten Zwischenschicht.

Es ist kaum zu rekonstruieren, ob diese verschiedenen Verwitterungsvorgänge einzeln oder gemeinsam, auslösend oder nachfolgend, gleichzeitig oder hintereinander angriffen. Sie führen sogar zu verdoppelten Auflockerungszonen. So z.B. beobachtete TRAUTMANN (1983, S. 110) an Molassesandsteinen und Buntsandsteinen zwei subkutane Abschalungszonen: die erste einige Zentimeter unter der frischen Gesteinshaut (mit Sulfaten; Salzsprengung?), die zweite 10–15 cm unter der Sichtfläche (ohne Sulfate; Frostsprengung?).

3.2. Zum anthropogenen Anteil an der Verwitterung

Schwierig ist auch die Abschätzung, welchen Anteil an der Verwitterung einerseits die natürlichen Vorgänge, anderseits die anthropogenen Einflüsse, weiterhin die Verarbeitungs- und bautechnischen Mängel haben.

N a t u r g e g e b e n ist die chemische Karbonatlösung durch den CO_2-Gehalt der Luft und der Niederschläge; vielleicht mag sie anthropogen geringfügig verstärkt werden durch erhöhte CO_2-Konzentration oder durch verstärkte Salzgehalte als Lösungsgenossen im Gesteinswasser. Auch das Quellen toniger Gesteinspartien ist naturbedingt. Ebenso sind Frostsprengung und Temperaturverwitterung *Prozesse, die seit eh und je unabhängig vom Menschen verlaufen* oder nur geringfügig von ihm modifiziert werden.

Somit ist unbestreitbar, daß die Schadensbilder am heutigen Naturwerkstein zu einem erheblichen Teil durch die natürliche Verwitterung verursacht sind. Ebenso unbestreitbar ist aber auch der a n t h r o p o g e n e Faktor: Viele Steinbauten und *-monumente, die jahrhundertelang einer langsamen Verwitterung unterlagen,* zerfallen seit Beginn der industriellen Entwicklung, der Kohlefeuerung, des Bahn-, Kraftfahrzeug- und Luftverkehrs, der Straßensalzung und anderer zivilisatorischer Eingriffe beschleunigt. WINKLER (1975, S. 87) stellt diese Verwitterungsprogression drastisch dar und läßt sie bis heute unvermindert andauern.

Auch unsere Meinung ist, daß der Mensch die natürliche Verwitterung in erheblichem Ausmaß verstärkt. Sicherlich ist dieser anthropogene Anteil wesentlich höher als die geringe Größenordnung, die RIEDERER (1973 a) veranschlagte und der SIMON (1974) zustimmte. Örtlich, wo ungünstige Gesteine verwendet wurden, übertreffen die vom Menschen verschuldeten Steinschäden die natürlichen Verwitterungsschäden mit Gewißheit bei weitem.

Gravierend sind vor allem die Schadstoff-Immissionen aus der Luft und aus dem Boden, die zur Verstärkung der chemischen Verwitterung und in deren Gefolge zu Salzsprengung führen. Diese Immissionen nahmen sprunghaft mit der Entwicklung der Großstädte und der damit verbundenen Rauchgasbelastung zu und wurden zudem – und bis heute andauernd – durch die Industrialisierung verstärkt. Die mit der Umweltbelastung verbundenen Schäden – vor allem die „Rauchgas-Verwitterung" – wurden bereits frühzeitig erkannt und diskutiert. STOIS (in REIS 1935, S. 199) weist besonders deutlich auf die Auswirkungen der belasteten großstädtischen Atmosphäre hin: „Nicht immer ... ist das Steinmaterial in ... entsprechender Weise ausgewählt worden, sei es aus Unkenntnis über das Verhalten oft neu in Aufnahme kommender Bausteine oder aus wirtschaftlichen, *künstlerischen und sonstigen Gründen, die gerade die Verwendung forderten.* Dazu hatten die Baumeister des Mittelalters wie auch die der späteren Zeit begreiflicherweise nicht mit der Vergiftung der Atmosphäre durch die Rauchgase des Stein- und Braunkohlenbrandes gerechnet, die, ganz allgemein in den modernen Großstädten, seit den 80er Jahren des letzten Jahrhunderts zu einem erschreckend beschleunigten Altern und Sterben der Baudenkmäler geführt hat. Man wird sich dieser Tatsache, die trotz aller Überschätzung, die ihr von mancher Seite zuteil wird, nicht abzustreiten ist, am besten bewußt, wenn man bedenkt, daß es in Deutschland allein zu Beginn des 19. Jahrhunderts nur e i n e Großstadt gab, während deren Zahl heute (1935) fast 50 beträgt."

Als „Leitelement" für die anthropogene Rauchgasverwitterung gilt der Schwefel. Er ist auch im normalen Gestein und in normaler Luft in geringen Mengen enthalten. Wertet man die von MATTHESS (1961) und von NIESEL (1979) zusammengetragenen Daten aus, so dürften die natürlichen Sulfatgehalte normalerweise nur wenige mg Sulfat-Ion/l Niederschlagswasser betragen und 10 mg/l kaum übersteigen. In belastetem Milieu jedoch sind die Werte angehoben und können weit über 10 mg/l liegen und durchaus 200 mg/l erreichen. Dem entsprechen auch die Angaben RIEDERER's (1973 a), daß im Regenwasser von Industriegebieten 30–60 mg SO_4/l enthalten seien, in ländlichen Gebieten dagegen nur 0,1–3 mg/l. Wie kompliziert im Detail die Verhältnisse sind und wie kritisch man Einzelwerten gegenüberstehen muß, enthüllt eine Beobachtung LUCKAT's (1983, S. 58), daß in Essen ein Regen nach längerer Trockenzeit zunächst zwar sehr sauer war (pH kleiner als 3), aber schon nach wenigen Minuten das Gleichgewicht mit pH 5,5 erreichte; die Hauptschädigungen beim Stein seien dort zu sehen, wo der Regen nicht hinkommt, wo aber Schwitzwasser ist.

Unter der Wirkung der Sulfate leiden insbesondere die mit Schwefelsäure reaktionsfreudigen Kalksteine und vor allem die Kalk-Sandsteine; sie können, auch wenn sie normalerweise langdauernd beständig sein mögen, im schwefelbelasteten Milieu rasch zerfallen. Als Beispiele seien der Schlaitdorfer Sandstein, der Baumberger Sandstein, der Regensburger und Soester Grünsandstein oder die Molassesandsteine genannt, die wegen ihrer leichten Bearbeitbarkeit beim Bau der Dome, Schlösser und Bürgerhäuser der vergangenen Jahrhunderte reiche Verwendung fanden und nunmehr in erschreckendem Maße vergehen.

In manchen großstädtischen und industriellen Ballungszentren mag die Verwitterungsprogression inzwischen durch eingreifende Umweltmaßnahmen wieder rückläufig sein. Dies dürfte z.B. für die Münchener Region zutreffen, die schon früher – wie STOIS (in REIS 1935, S. 199) belegte – „sich in wesentlich glücklicherer Lage als andere Großstädte befand und befindet. Münchens Rauch- und Abgase erzeugende Industrie hält sich in mäßigen Grenzen. Reichliche, ungehindert von Westen zuströmende Luft sorgt für schnelle Reinigung der Atmosphäre ...". Dieser relativ günstige Befund konnte ein halbes Jahrhundert später durch unsere Untersuchungen bestätigt werden: GRIMM & VÖLKL (1983) haben für München nachgewiesen, daß die Oberflächenkorrosion von Grabdenkmälern seit etwa 50 Jahren nicht progressiv, sondern normal-kontinuierlich fortschreitet mit gleichbleibenden Rückwitterungsraten im Jahrzehnt von etwa 0,05 mm für einen Marmor, etwa 0,03 mm für Treuchtlinger Kalkstein und 0,02 mm für Granite des Bayerischen Waldes. U. SCHWARZ (frdl. Mitt.) stellte Daten des Bayer. Landesamtes für Umweltschutz zusammen, nach denen die SO_2-Immissionen in München von durchschnittlich 0,15 mg SO_2/m^3 Luft für 1964 auf 0,05 mg/m^3 für 1970 absanken und seither etwa bei diesem Wert verblieben. SCHWARZ hat weiterhin im Winter 1983/84 an Schneeproben im Alten Südlichen Friedhof zu München einen Sulfatgehalt von 1–3 mg / kg Schnee analysiert, während SENDTNER (in HIRSCHWALD 1912, S. 254) in den 80er Jahren vorigen Jahrhunderts 30 mg am gleichen Ort feststellte.

Anderseits gehen solche lokalen Verbesserungen zur Zeit oft noch auf Kosten regionaler Verschlechterungen: Die „Politik der hohen Schlote" hat zu einer

weithin gleichmäßigen Verteilung der Schadstoffe geführt und damit auch ländliche Gebiete, die lange verschont waren, ins anthropogene Verwitterungsgeschehen einbezogen. Bei regionalen Vergleichen der Steinschäden in Mitteleuropa gewann Verfasser den Eindruck, daß sich das derzeitige Nordwest-Südost-Gefälle in der Umweltbelastung deutlich auch im Zustand der Werksteine widerspiegelt.

Aufgrund reichen und sorgfältig ausgewerteten Datenmaterials kam NIESEL (1979, S. 113) – wie schon STOIS 1935 (s. oben) – insgesamt zu dem Schluß, daß der Einfluß von schwefeloxidischen Luftverunreinigungen nicht verharmlost werden dürfe; jedoch neigten einige Autoren dazu, in Fehlbeurteilung der Tatsachen sporadisch auftretende Gipsanreicherungen in Oberflächenbereichen von Werksteinen ohne sorgfältige Prüfung allein für tiefgreifende Schädigungen der Bausubstanz verantwortlich zu machen.

In ähnlicher Weise schädlich wie die Sulfatsalze, wenn auch in viel geringerem Ausmaß in den Gesteinen neugebildet, wirken Chloride und Nitrate, die ebenfalls weitgehend anthropogen in den Verwitterungskreislauf eingebracht wurden. Vor allem Chloride, die als Tausalze mit dem Kapillarwasser in die Sockelbereiche gelangten, führen zu erheblichen Zerstörungen.

Mechanische Schäden durch allzu robuste Steinverarbeitung (Abbaumethoden im Steinbruch, Oberflächenbehandlung des Werksteins) sowie durch bautechnische Mängel sind zwar anthropogen verursacht; sie sind aber keine „modernen" Schäden, sondern dürften im Mittelalter genauso wirksam gewesen sein wie heute, wenn man von einigen gewaltsamen neuzeitlichen Verfahren wie Sprengungen vor Ort oder Beflammen der Sichtflächen absieht. Gelegentlich wird der Verdacht geäußert, daß die Auswahl guter Steinqualitäten früher sorgfältiger erfolgte, als es bei der heutigen Massenproduktion möglich sei.

In der Bundesrepublik Deutschland dürften die Schäden, die sich jährlich aus dem anthropogenen Anteil der Verwitterung ergeben, in Milliarden DM gehen. Jedoch noch vordringlicher als solche wirtschaftlichen Überlegungen erscheint die Bewahrung unserer Kulturgüter als ideelle Werte: Mit dem Zerfall unserer steinernen Denkmäler werden einmalige, nicht wiederholbare historische Dokumente für immer vernichtet. Der Kölner Dombaumeister Dr.-Ing. A. WOLFF (1984) fordert deshalb drastische Maßnahmen des Umweltschutzes: „Wenn jetzt nicht gehandelt wird, verfällt unser gesamtes Land zu einer geschichtslosen Kultursteppe. Mehr denn je ist die gesamte Nation in einer sich immer rasanter wandelnden Welt auf die integrierende Kraft der Zeugen der Vergangenheit angewiesen, wenn sie nicht ihre Identität und damit ihre Existenz aufgeben will."

3.3. Verwitterungserscheinungen am Gestein

Schon HIRSCHWALD (1912) und KIESLINGER (1932) beschreiben ausführlich die Verwitterungserscheinungen am Werkstein. WIHR (1980, S. 54 ff.) gibt einen knappen Überblick über die häufigsten Formen der Bausteinverwitterung. Auf die Verwitterungsterminologie, vor allem der Erscheinungsformen, geht ZEHNDER (1982, S. 25) ein.

Die chemische Verwitterung führt äußerlich zu Lösungsformen (Mattierung; Aufrauhung; Mikrokarst der Karbonat- und Gipsgesteine), gesteinsintern zum Zersatz, der sich bis zum Zusammenbruch des Gefüges steigert. Gemeinsam mit der mechanischen Verwitterung bedingt sie zwei Arten von Festigkeitsprofilen: Vom Gesteinsinneren nach außen kann ein allmählicher Übergang vom frischen Gestein über eine schwach gelockerte Zone (Rißbildungen, Bröckelzone) bis zu einer völlig desintegrierten, absandenden oder abmehlenden Außenschicht erfolgen (= Auflockerungsprofil). Anderseits kann innerhalb des Gesteins über dem frischen Kernmaterial zunächst eine völlig gelockerte Innenschicht, sodann erneut eine feste Schale folgen (= Schalenprofil). Über der Gesteinsoberfläche können Salzausblühungen erscheinen, sodann dünne Schmutzfilme, die sich zu (Außen-)Krusten oder (Zäpfchen-)Sinter verdicken.

Kieslinger (1932, S. 56) und Reis (1935, Abb. 28) zeichnen folgende Profile durch einen Werkstein mit Schale und Kruste auf:

Kieslinger	Reis
Frisches Gestein	Kerngestein
Übergangszone	Übergangszone
Mehlige Schicht	Sandig-mehlige Zwischenschicht
Innenkruste	Innenkruste
– Ehemalige Oberfläche –	– Ehemalige Oberfläche –
Außenkruste	Außenkruste

Wir ziehen die Bezeichnungen „Schale" (für Innenkruste) und „Kruste" (für Außenkruste) vor.

Den Festigkeitsprofilen entsprechen chemische Profile (z.B. Niesel 1979, S. 95 ff.; Zehnder 1982), die den Stoffumsatz in der Verwitterungszone durch die Elementverteilung kennzeichnen.

Folgende Verwitterungserscheinungen sind wichtig:

Chemische Auswirkungen am Gestein:

- Verfärbung, Bleichung: Bei Verfärbungen kann das Pigment aus dem Gesteinsinneren mobilisiert worden sein (meist gelbliche oder bräunliche Limonitausscheidungen) oder von außen herangebracht worden sein (z.B. bräunliche Verrostungen, grüne Kupferlösungen). Chemische Bleichung erfolgt durch Entzug von Pigment (z.B. von Eisen, Mangan, schwärzlichen organischen Pigmenten) oder – bei organischen Pigmenten – durch Licht- und UV-Bestrahlung. Die Verfärbungen und Bleichungen können das Gestein einheitlich oder in Flecken und Streifen verändern.

- Mattierung, Anlösung, Mikrokarst: Mattierung kann alle dichten, polierbaren Gesteinsarten betreffen. Tiefgründige Anlösung erfolgt bevorzugt an Karbonaten oder Gipsen und führt zunächst zu einem flachen, sanften Relief, dann immer stärker zu den Rillen und Löchern des Mikrokarstes. Bei grobkörnigen Kalksteinen (z.B. Riffschutt) und Marmoren sind Übergänge zum „Absanden" (s. unten) möglich.

  Lösung des Bindemittels bei kalkig gebundenen Sandsteinen bedingt ebenfalls Absanden und Bröckeln.

Mechanische Auswirkungen am Gestein:

- Aufrauhung: Durch Ausbrechen feiner Partikel – evtl. mitbedingt durch chemische Bindemittel-Lösung – entsteht ein flaches, scharfkörniges Relief. Die Rauhigkeit führt zur Lichtstreuung und mindert bei bunten Werksteinen die Farbbrillanz.

- Lockerung: Gefügekollaps durch chemische Bindemittellösung oder durch Sprengung des Kornverbandes infolge mechanischer Verwitterungsangriffe verursacht oberflächliche oder tiefgründige Lockerungen; sie sind Voraussetzungen für bröckeligen, absandenden oder abmehlenden Zerfall.

- Bröckeln: Ausbrechen des Gesteins in kompakten, unregelmäßigen Partikeln von Millimeter- bis Zentimeterdicke, bedingt durch Risse im Gefüge. Bröckeln erfolgt bevorzugt in homogenen Gesteinspartien, während geschichtete Gesteinspartien zum Aufblättern und Abschalen neigen.

- Absanden: Zerfall in noch deutlich sichtbare Einzelkörner. Die Absandung erfaßt zunächst nur die äußerste Kornschicht (Übergang zur „Aufrauhung") und führt dann zu tiefgründigerer flächiger Zermürbung sowie zu Aushöhlungen, zu alveolaren (löcherig-zelligen) Hohlformen oder zu linearen Hohlkehlen.

- Abmehlen: Oberflächlicher bis tiefgründiger Zerfall in feinste Partikel, die im einzelnen mit dem Auge nicht mehr sichtbar sind.

Schalenbildung (Innenkrusten):

Unter intakter Oberflächenschicht, die gelegentlich sogar durch Versinterung zusätzlich gehärtet ist, folgt eine chemisch und/oder mechanisch entfestigte Zwischenschicht, die ihrerseits nach innen ins unverwitterte Ausgangsgestein (Kerngestein) übergeht. Dicke der Schalen im Millimeter- bis Zentimeterbereich. Schalenbildung erfolgt parallel zur Schichtung bzw. Schieferung („auf Spalt versetzt"). Sie kann aber auch am massigen Gestein angreifen und der Werksteinoberfläche selbst bei unregelmäßiger Form folgen; ihre Anlage ist dann durch den Feuchtigkeits- oder Temperaturrhythmus, vielleicht auch durch Oberflächenbearbeitung bedingt.

- Abblättern, Aufblättern, Abschuppen: Ablösung von oberflächenparallelen oder schuppigen Lamellen mit Dicken bis zu etwa 1 mm.

- Abschalen: Ablösung einzelner, selten mehrfach übereinander folgender Schalen von Millimeter- bis Zentimeterdicke.

- Aufplatzen, Abplatzen: Aufsprengungen durch Abheben von Schalen sowie Absprengungen von Gesteinspartien mit unregelmäßig-scherbiger Form.

Auf der Gesteinsoberfläche angelagert:

- Ausblühung: Kristallrasen leichtlöslicher Salze (auch Gips) in lockeren, oft verfilzten Aggregaten. Rhythmische Auflösung und Wiederauskristallisation ist möglich. Ausblühungen auf der Gesteinsoberfläche werden als Effloreszenzen, unmittelbar unter der Oberfläche als Subfloreszenzen bezeichnet.

- Schmutzfilm: Dünner grauer bis schwarzer Belag, vornehmlich aus Staub, Ruß, Gummi- und Asphaltabrieb sowie Pflanzenbewuchs. Auch gealterte Konservierungsmittel (z.B. Leinöl, Mohnöl) können Schmutzfilme bedingen.
- (Außen-) Kruste: Ausblühungen und Schmutzfilme können in dicke Krusten übergehen, die dem unterliegenden Gestein fest aufsitzen oder aufgeplatzt, aufgebeult und abgehoben sind. Gelegentlich rhythmischer Wechsel von mehr Ruß- und Staub-haltigen Lagen mit mehr Salz-(Gips-)haltigen Schichten. Die Farbe variiert von Schwarz über Grau bis zu (selten) Weiß. Die Gipsanteile sind meistens über karbonatischem Gestein angereichert; sie finden sich aber auch auf karbonatfreiem Untergrund und dürften ihren Calciumgehalt dann aus aufgewehtem Staub bezogen haben. Krusten bilden sich vor allem an wetterabgewandten Seiten. Durch Feuchtigkeitsstau können sie zu vermehrtem Zerfall des unterliegenden Gesteins führen; oft haben sie aber auch konservierenden Einfluß. Häufig sind Kruste und Gestein scharf getrennt (vor allem bei Kristallingesteinen); doch treten auch enge Verwachsungen und Verzahnungen auf, so daß die Kruste gemeinsam mit der obersten Gesteinshaut abplatzen kann (vor allem bei Karbonaten und Kalksandsteinen).
- Sinterkrusten: Kalkausfällungen, gelegentlich auch Salzverkrustungen, können die Gesteinsoberfläche mit dichtem, oft glattem Sinter panzern. Bevorzugtes Wachstum in kleinen „Stalagmiten" führt zum „Zäpfchensinter".

Bei Werksteinquadern, aber auch bei Platten sind oft – in Abhängigkeit vom Wasserangebot und Feuchtigkeitsrhythmus – zwei Verwitterungsformen zu unterscheiden:

- Rahmenverwitterung (KIESLINGER 1959), bei der die Außenkanten beständig sind und der Gesteinszerfall an den Flächenzentren angreift;
- Wollsackverwitterung, bei der die Kanten rundlich abwittern und das Blockzentrum sackartig erhalten bleibt.

Manche Verwitterungserscheinungen bevorzugen bestimmte Gesteinsgruppen. So z.B. zeigen die Karbonate in stärkerem Maß Abwitterung, Aufrauhung und Mikrokarst, Gipskrusten sowie Bleichungen, die Sandsteine häufiger Absanden und Abmehlen sowie Verfärbungen als die kristallinen Gesteine. Dagegen scheinen Schmutzfilme und Abschalungen bzw. Aufplatzungen etwa gleichmäßig auf die verschiedenen Gesteinsgruppen verteilt zu sein.

4. Verwitterungsverhalten bayerischer Naturwerksteine

Aus oben Erläutertem wird deutlich, daß verbindliche Wertungen zum Verwitterungsverhalten außen verbauter Werksteine nicht möglich sind; dazu sind die Gesteine selbst in gleichen Bruchrevieren zu inhomogen und die Möglichkeiten der Exposition und des Verwitterungsangriffes zu vielfältig. Nachfolgende Beschreibungen sollen deshalb nur Regeln aufzeigen, ohne die zahlreichen Ausnahmen berücksichtigen zu können (vgl. auch Vorwort und Abschnitt 1.6.).

Die Ordnung der wichtigsten bayerischen Naturwerksteine erfolgte nach den Hauptgruppen: silikatische Kristallingesteine; klastische Sedimentgesteine; chemische Sedimentgesteine sowie Marmore. Die Sedimentgesteine sind nach ihrem geologischen Alter untergliedert.

Die beschriebenen Verwitterungseffekte stellen nicht unbedingt Schäden dar. Zudem läßt sich nicht immer verallgemeinern, ab wann ein Verwitterungsangriff störend wird. Was der eine schon als Verschmutzung beurteilt, gilt für den anderen noch als Patina. Ist die Eintönigkeit neuer oder frisch gereinigter Naturwerksteinfassaden ansprechender als das Farbenspiel des gealterten, verstaubten, vom Regen nur teilweise abgewaschenen Mauerwerks? Der Naturwerkstein ist gerade dadurch vom künstlichen Baustoff unterschieden, daß er – in Maßen angewittert – immer noch schön ist, vielleicht sogar schöner wurde. Erst wenn die Patina zur Maske wird, unter der sich Gesteinszermürbungen und Abplatzungen verbergen, ist jedenfalls von einem Schaden zu sprechen.

Dem entspricht die Meinung WAGENBRETH's (in HOHL 1981, S. 558): „Entscheidend für die Beurteilung der Verwitterungsvorgänge ist die Frage, ob und in welchem Maße die ästhetische Wirkung und/oder die statische Sicherheit des Bauwerkes beeinträchtigt worden ist. So gesehen sind Verwitterungsvorgänge nicht in jedem Fall negativ zu beurteilen. Die Wirkung mancher Natursteine, besonders in der Gartenarchitektur, wird gerade durch eine Alterspatina gesteigert".

4.1. Silikatische Kristallingesteine

Bei den nordbayerischen Graniten zeigen einige, meist grobkörnige Varietäten mit niedrigem Wasseraufnahmevermögen eine ausgezeichnete Beständigkeit, so daß die Verwitterung selbst nach einem Jahrhundert nur geringfügige Spuren am wetterexponierten Gestein hinterläßt. Hierzu gehört der blaugraue Kösseine-Granit des Fichtelgebirges, ein Biotitgranit, dessen farblicher Gesamteindruck durch die blaugrauen Mikrokline bestimmt ist.

Dagegen sind die üblichen mittel- und feinkörnigen Biotit- und Zweiglimmergranite des Bayerischen Waldes, des Oberpfälzer Waldes und des Fichtelgebirges nicht unempfindlich gegen Verwitterung. Unsere Untersuchungen hierzu bestätigen den Verdacht KIESLINGER's (1932, S. 304), daß eine direkte Abhängigkeit der Verwitterungsanfälligkeit von der Wasseraufnahmefähigkeit besteht. Die aufgrund von Laborversuchen verliehenen Prädikate „beständig gegen Frost und Aggressorien" (vgl. INSK, MÜLLER **2** und **3**, o.J.) gelten für die natürliche und anthropogen verstärkte Verwitterung nur eingeschränkt.

Bei der guten Resistenz der Granitmineralien ist die chemische Zersetzung gering. Das zeigt sich auch in den Schmutzfilmen, die meist dünn sind und sich nur selten zu gipshaltigen Außenkrusten verdicken. Daß die Farbpigmente nicht beständig sind, ist in vielen Brüchen bereits dadurch bewiesen, daß die natürliche Verwitterung die oberen Bruchpartien bräunlich und gelblich verfärbte, während das tiefer anstehende Ausgangsgestein weißlichgrau ist. Der gleiche Effekt kann sich ergeben, wenn der graue Werkstein den Atmosphärilien an der Hausfassade oder am Monument ausgesetzt wird: Das in einzelnen Mineralien – vor allem in

den Biotiten – fixierte Eisen wird als Limonit mobilisiert und verteilt; dieser verleiht dem Gestein dann eine einheitlich oder wolkig gelbliche Färbung oder einen oberflächlichen bräunlichrostigen Überzug. Ebenso nimmt das Gestein den Rost von eisernen Bauteilen oder von fremden auflagernden Metallen an.

Neben den Verfärbungen fallen nach längerer Exponierung häufig – vor allem in bodennahen Bereichen (Kapillar- und Spritzwassersaum) – oberflächlich mürbe Partien oder Schalenabplatzungen am Granit auf. Wo Salze mit der Bodenfeuchtigkeit aufgesogen oder angesprüht werden, kann dieser Zerfall beschleunigt vor sich gehen; eine Isolierung gegen Grundfeuchte ist hier wichtig. Neben den Effekten der Salzsprengung und Frostverwitterung, die mit der relativ guten Wasseraufnahme einhergehen, spielen möglicherweise auch gesteinsinterne Spannungen und mechanische Schädigungen bei der Bearbeitung im Bruch und im Steinmetzbetrieb eine Rolle. Chemische Lösungsvorgänge sind untergeordnet; sie können wohl verstärkt werden durch mikrobiologische Effekte. LINDENTHAL (frdl. Mitt.) hat im Stadtbereich Münchens bei verwitterten Graniten des Bayerischen Waldes – im Vergleich zu frischen Graniten – beträchtliche Anreicherungs- oder Auslaugungsvorgänge für Sulfat, Nitrat, Chlorid, Calcium, Magnesium, Natrium, Kalium, Eisen, Mangan und Blei nachgewiesen in Abhängigkeit von der Exposition sowie von der Art und dem Grad der anthropogenen Belastungen. Die Beobachtung von STOIS (in REIS 1935, S. 215), daß die zahlreichen Verwitterungsschäden an nordbayerischen Graniten – Schalenbildungen, oberflächliche Zermürbung, weiße Ausblühungen usw. – an polierten Flächen seltener auftreten, konnte bei unseren Untersuchungen bestätigt werden.

Basische kristalline Werksteine nordbayerischer Provenienz sind

- Gesteine quarzdioritischer Zusammensetzung (Tonalite, „Redwitzite" des Fichtelgebirges und des Bayerischen Waldes), die mit schwarz und weiß erscheinenden Mineralien eine insgesamt uneinheitlich schwärzlichgraue Farbe aufweisen;
- Gesteine basaltischer Zusammensetzung (Lamprophyre, „Mesoproterobase" des Fichtelgebirges) mit feinkörnigem Intersertalgefüge und schwärzlichgrünem Gesamteindruck;
- Gesteine peridotitischer Zusammensetzung („Palaeopikrite" des Fichtelgebirges), die durch hohe Augit- und Olivingehalte schwarzgrau bis grünlichschwarz erscheinen.

Diese oft poliert an Fassaden oder in (Grab-)Monumenten verwendeten Gesteine haben sich zumeist als ausgezeichnet verwitterungsbeständig erwiesen; sie zeigen auch nach einem Jahrhundert noch eine weitgehend erhaltene Politur, die nur fleckenweise mattiert oder punktuell an Erzpartikeln oder Biotitschuppen ausgebrochen ist. Wenn die Gesteine von Krusten ummantelt sind, sitzen diese der völlig unverletzten, polierten Unterlage auf.

Serpentinit aus dem Fichtelgebirge wurde gelegentlich als Naturwerkstein verwendet. Das grüne, weiche Gestein ist auch nach langer Exposition meist noch recht gut erhalten; an Verwitterungserscheinungen fallen – neben Aufrauhungen, die die Struktur nachzeichnen, und neben gelegentlichen Abplatzungen – vor allem Ausbleichungen auf.

Der Suevit, eine beim Einschlag des Riesmeteoriten im Miozän aufgeschmolzene und in weitgehend trachytischer Zusammensetzung wiedererstarrte Gesteinsmasse, bewährte sich in Bauten im Ries-Umkreis über Jahrhunderte hinweg als unverwüstlich. In Münchener Gebäuden und Denkmälern dagegen, wo das interessante Gestein zu Beginn des 20. Jahrhunderts nicht selten verwendet wurde, zeigte es sich zum Teil als sehr anfällig. Das graue bis ockerfarbene, von dunklen Schlieren durchsetzte Material ist dort rasch tiefgründig zermürbt und ausgebrochen. STOIS (in REIS 1935, S. 211) dokumentierte, daß bereits 20 Jahre nach der Erstellung der Bauten in einigen Fällen Gesteinsaustausch notwendig wurde; er erwog die Möglichkeit, daß die sehr wechselnde Suevit-Qualität auf eine wahllose Verwendung des Materials zurückzuführen sei.

4.2. Klastische Sedimentgesteine (Sandsteine, Konglomerate)

Die Werksteine aus unterfränkischem Buntsandstein, die im Umkreis des Mainvierecks – vor allem im Raum Miltenberg/Wertheim – gewonnen wurden und werden, gehören dem Unteren Buntsandstein (Heigenbrücker Sandstein, Miltenberger Sandstein), dem Mittleren Buntsandstein (Felssandstein der Hardegsen-Folge) und dem Oberen Buntsandstein (Plattensandstein) an. Infolge der kieseligen Bindung dieser Sandsteine, ihres weit überwiegenden Anteils an Quarz-, daneben Feldspatkörnern sowie ihrer Armut an Karbonat- und Tonsubstanz sind die Materialien zumeist gut resistent und zeigen oft auch nach hundertjähriger Exposition nur geringe Verwitterungserscheinungen. Schon STOIS (in REIS 1935, S. 209/210) wies deshalb auf die gute Beständigkeit bei sorgsamer Auswahl hin.

Vor allem die chemische Stabilität ist hoch, so daß in der INSK (MÜLLER **6,** o.J.) die Säurebeständigkeit betont wird. Gelegentlich beobachtet man an Werksteinkörpern Bleichungen oder fleckige Ausfällungen von Eisenhydroxid, das im Gesteinsinneren mobilisiert und außen wieder ausgefällt wurde. Oberflächliche Schmutzhäute sind zumeist dünn, da das chemisch träge Gestein nicht zur Bildung gipshaltiger Außenkrusten beiträgt.

Der dunkelrote, partienweise weiß-rot geflammte und gestreifte, manchmal durch Limonitflecken getigerte Miltenberger Sandstein, der sich aufgrund seines wohlsortierten, feinen Kornbestandes auch für Bildhauerarbeiten eignet, weist gelegentlich in tonreicheren Partien zermürbte Oberflächen auf, die sich z.B. am Rand des Kapillarwassersaumes bis zu kavernösen Auswitterungen verstärken können. Der violettrote Felssandstein, der heute als Baustein keine Bedeutung mehr hat, ist aufgrund seines homogenen Gefüges, seiner Armut an Tonmineralien und aufgrund seiner kieseligen Bindung besonders hart und widerstandsfähig. Der rote und graue Plattensandstein, der im Vergleich zum Miltenberger Sandstein innerhalb der Bänke meist fester kieselig gebunden, auf den Schichtflächen aber glimmerreicher ist, kann an den Inhomogenitätsflächen schalig spalten oder aufblättern. Bei allen Buntsandsteinarten wittern eingestreute Tongallen löcherig aus.

Der Schilfsandstein stammt vor allem vom Westabhang der Haßberge und des Steigerwaldes (roter und grüner Schilfsandstein); in etwas gröberkörnigen, mehr gelblichen und grauen Varietäten wurde er in Mittelfranken,

z.B. bei Lichtenau und Obernzenn / Bad Windsheim, gebrochen. Es handelt sich um vorwiegend tonig gebundene Sandsteine mit viel Chlorit und illitisch-kaolinitischer Substanz zwischen den Quarz- und Feldspatkörnern. Die Abbaue befinden sich zumeist in der bei der Sedimentation besser durchströmten „Rinnenfazies" und seltener in der träger durchflossenen „Normalfazies". Die chemische Verwitterung führt aufgrund des Karbonatgehaltes zur Sprossung sulfatischer Salze und damit zur Sprengung des Kornverbandes; dagegen sind gipshaltige Außenkrusten nicht häufig. Gravierender sind die Effekte der physikalischen Verwitterung; sie können bei den tonigeren Sorten zur Lockerung der schwachen Bindung führen und damit zum Absanden bis zur löcherigen und streifigen Auswitterung, zum Abspalten und Aufblättern nach dem Lager oder zu Rißbildungen senkrecht zur Oberfläche, so daß solche Werksteine zu Sorgenkindern der Steinrestauration wurden.

Ähnlich wie der Schilfsandstein verhalten sich die früher reichlich verwendeten, stratigraphisch etwas tieferen Werksandsteine des unterfränkischen Unteren Keupers, die zur Zeit noch bei Schleerieth und Gnodstadt abgebaut werden.

Der Coburger Sandstein oder weiße Mainsandstein, ein weißlichgrauer, manchmal gelblicher, fein- bis mittelkörniger Sandstein, weist im Mineralbestand überwiegend Quarz, daneben Feldspat auf. Hinzu kommen in wechselnden Mengen tonige Bestandteile (Chlorit, Illit) sowie Calcit, so daß er zu den kieselig – schwach tonig, manchmal auch schwach mergelig gebundenen Sandsteinen zu rechnen ist. Die feine Schichtung beeinträchtigt oft die Festigkeit nicht, kann aber – vor allem bei Glimmer- und Tonbestegen – auch zu enger Spaltbarkeit führen. Je nach der Schichtung und nach dem Anteil an tonig-mergeliger Matrix neben der vorwiegend kieseligen Bindung erweist sich der Coburger Sandstein zumeist als gut beständig, gelegentlich auch als verwitterungsanfälliger; er wird deshalb einerseits in guten Qualitäten im Bamberger Umkreis „jetzt vornehmlich als Austauschsandstein bei Restaurierungsmaßnahmen verwendet" (FÜRST & SANTOWSKI 1983), kann aber andernorts gelegentlich auch Verwitterungserscheinungen durch oberflächliche Auflockerung, dünnschaliges Abplatzen, Außenkrusten sowie Braunfärbungen infolge von Limonitanreicherungen zeigen.

Der hell- bis dunkelrote, auch weißlichgraue Burgsandstein, der in Nordbayern vor allem in der weiteren Nürnberger Region seit alters her als Werkstein gebrochen wird, ist ein meist grobkörniger, auch mittelkörniger oder kieshaltiger Arkosesandstein mit porösem, oft schräggeschichtetem Gefüge. Neben den Quarzen sind Feldspäte häufig, die bereits im Anstehenden angewittert sein können. Ein merklicher Anteil an Tonmineralien, vor allem Kaolinit, kann die Festigkeit herabsetzen. Auch chemisch anfällige kalkig-dolomitische Substanz tritt in wechselnder Menge auf. Entsprechend der kieseligen oder tonigen oder karbonatischen Bindung ist die Resistenz gegen mechanische und chemische Angriffe im einzelnen unterschiedlich, überwiegend aber – bei Auswahl geeigneten Materials – als gut zu bezeichnen. Die besonders stark kieselig verfestigte und dichte Varietät von Wendelstein / Worzeldorf wurde ihrer Festigkeit wegen sogar zu Mühl- und Pflastersteinen verarbeitet. Bei weniger festen Sorten fallen erhöhte Rauhigkeiten durch schwaches Absanden kaum störend auf bei den ohnehin

großporigen, oft grob skulptierten Blöcken und Platten. Doch kommen auch tiefer gelockerte und dann streifig oder alveolär ausgehöhlte Partien vor. (Der bei erhöhtem Kaolinanteil gründliche Zerfall kann zu „Stubensandstein"-Ausbildung führen, bei der das sandig zerbröckelnde Material früher als Stubenstreusand Verwendung fand.) Tongallen, die aus den Werksteinplatten auswittern, führen gelegentlich zu löcheriger Oberfläche. Schon REIS (1935, S. 113) beobachtete, daß der Sandstein an der Stadtluft bald dunkelbraun wird; hierzu tragen äußerliche Limonitausfällungen sowie Schmutzfilme bei, die meist dünn sind, aber auch – vor allem bei karbonatischem Bindemittel – zu dickeren sulfathaltigen Außenkrusten anwachsen können.

Die Rhätsandsteine Nordbayerns, die als graue, beigefarbene und bräunlichgelbe Varietäten besonders weite Verbreitung in den Haßbergen sowie im Raum Bamberg / Bayreuth haben, werden in grob- bis feinkörnigen Sorten gewonnen. Gemäß ihrem Mineralbestand mit fast ausschließlich Quarzkorn, daneben nur wenig Feldspat und Tonsubstanz (meist Kaolinit), sind sie zu den kieselig gebundenen Sandsteinen zu rechnen und weisen zumeist entsprechende Verwitterungsbeständigkeit auf. Dies wird schon von WEISS(1915, S. 304) hervorgehoben, der die Rhätsandsteine als „gleichmäßig fest und wetterbeständig" und als „vortreffliches Baumaterial" rühmt. Oberflächliches Absanden oder Aufblättern nach der oft feinen Schichtung kommen ebenso vor wie meist dünne Schmutzfilme. Durch Lösung oder Ausfällung von Eisen können einerseits gebleichte, anderseites bräunlich gedunkelte Partien entstehen.

Die in Nordbayern in mehreren Werksteinrevieren verbreiteten, im Umkreis von Lichtenfels besonders oft verbauten, aber auch weithin verfrachteten Dogger-beta-Sandsteine („Eisensandstein") sind feinkörnige, wohlsortierte und gut geschichtete sowie durch karbonatischen und schwach tonigen Zement mäßig fest gebundene Werksteine. Umbildungen des Karbonatgehaltes können zu Sulfatanreicherungen im Porenraum und in Außenkrusten führen und dadurch Salzsprengungen bewirken. Absanden, Abschuppen und schaliges Abplatzen vorzüglich parallel zur Schichtung führen gelegentlich – vor allem in wechselnd feuchten Partien – zu tiefen Abwitterungen.

Der cenomane Regensburger Grünsandstein, der im Umkreis von Kelheim, Bad Abbach und Regensburg seit dem Mittelalter gebrochen wird, enthält neben mittelkörnigen Quarzen auch hohe Anteile an Calcit und Dolomit sowie beträchtliche, meist feinkörnige Anteile an authigen gebildetem Glaukonit (bis 20%), daneben etwas Tonsubstanz. Die bräunlichgrüne Färbung ist bedingt durch den Glaukonit, der durch Verwitterung rosten und dann schon im Aufschluß zu olivockerfarbenen Varietäten und Mustern führen kann. Am Bauwerk können Braunfärbung und Bleichung fortdauern.

Darüber hinaus zeigt das recht dicht gefügte, von Schalentrümmern durchsetzte Gestein wechselnde, meist starke Anfälligkeit gegen die Atmosphärilien. Während vor allem gröberkörnige Sorten durch stärker kieselige Bindung resistenter sein können, sind die feinerkörnigen Sorten oft gefährdeter durch erhöhte Gehalte an chemisch anfälliger karbonatischer Substanz. Schon STOIS (in REIS 1935, S. 208) erkannte als eine Ursache für die schlechte Wetterbeständigkeit, daß „die in der Grundmasse (Calcit – Dolomit) gleichsam schwimmenden Quarzkörner keinen

Anteil an den Festigkeits- und Widerstandseigenschaften des Gesteins haben .... Die Güte und Haltbarkeit des Abbacher Sandsteins wechselt deshalb mit seinem Gehalt an (Kalk-)Bindemasse, die zwischen 30 und 60% betragen kann". Zudem mögen die Ton- (vor allem Montmorillonit)-Beimengungen und der Glaukonit am Verwitterungsgeschehen teilhaben. Als Ergebnis können tiefgründige Absandungen, Abblättern und Abspringen größerer Partien, dazu vor allem im Regenschatten kräftige sulfatische Krusten auftreten. Die ständigen Reparaturen an den Domen von Passau und Regensburg (vgl. KIESLINGER 1932, S. 290) sowie der desolate Zustand des Grünsandsteins an den Prachtbauten LUDWIG's I. in München sind Beweise dafür, wie anfällig das an sich schöne Gestein bei Außenverwendung sein kann.

Der Regensburger Grünsandstein dürfte ein besonders eindrückliches Beispiel sein für die progressive Verwitterung durch anthropogene Umweltschädigung. Noch FLURL (1792, S. 237) lobte die Qualität des Steins, „welcher wegen seiner Haltbarkeit in der Luft Jahrhunderte der Verwitterung trotzt". Mitte des vergangenen Jahrhunderts wurde das Material wegen säkular erwiesener Beständigkeit zum weiteren Ausbau des Regensburger Domes verwendet, „da Kalke und Sandsteine sich über 500 Jahre gleich gut erhalten hatten" (DITTMANN 1982, S. 230). Bereits Ende vergangenen Jahrhunderts mußten dann die ersten gravierenden Reparaturen am Dom durchgeführt werden. „Unserem Jahrhundert blieb es vorbehalten, diesen Stein durch schweflige Abgase, die durch Industrie, Kohle- und Ölfeuerung sowie Autoabgase in die Luft gelangen, zu zerstören" (Dombaumeister TRIEBE 1976, S. 12).

Die vom Südrand des Voralpengebietes stammenden, bereits in der Romanik genutzten tertiären (oligozänen) Molassesandsteine der „Bausteinschichten" sind Kalkarenite. Ihr meist schlecht verzahnter detritischer Kornbestand setzt sich zusammen aus Quarz, daneben in erheblichen, oft vorwiegenden Anteilen aus Karbonat und in untergeordneter und wechselnder Menge aus Feldspat und Glimmer. Feinstkörnige Chlorite sowie tonige (illitische) Substanzen sind in wirksamen Quantitäten im Porenraum eingelagert. Die graue und grüngraue Färbung frischer Aufschlußpartien geht in stärker verwitterten Bereichen durch limonitische Ausfällungen in khakigelbe bis bräunliche Farben über. Diese natürlichen, einheitlich oder fleckig und streifig auftretenden Farbänderungen können sich an den Werksteinen außen noch verstärken.

Das Verwitterungsverhalten ist sehr wechselnd; bei sorgfältiger Auswahl können die Gesteine Jahrhunderte mit nur mäßigen Schäden überdauern (vgl. auch REIS 1935, S. 49). In anderen Beispielen beginnt der intensive Gesteinszerfall schon nach wenigen Jahrzehnten. Auch bei den Molassesandsteinen dürfte die Verwitterung seit etwa einem Jahrhundert – in ländlichen Gebieten seit einigen Jahrzehnten – stark beschleunigt worden sein durch anthropogen verschlechterte Umweltbedingungen, vor allem durch schwefelhaltigen „sauren Regen".

Bestimmend für die Verwitterung sind vor allem die detritischen Karbonate sowie die Art des Bindemittels: Karbonatische Körner und Matrix führen durch Auflösungseffekte und durch Umwandlungen in Sulfatsalze zu Zermürbungen, Auflockerungen und Absprengungen; die tonige Bindung bedingt Entfestigungen durch Quellung und Frosteinwirkung. Als Ergebnis stellt man häufig tiefgründiges

Absanden und Abplatzen oft in mehreren übereinander folgenden Schalen fest. Vor allem im Regenschatten können sich Innen- und Außenkrusten bilden; Quader neigen zur Rundung der Kanten oder umgekehrt zur Rahmenverwitterung. Durch die Abwitterung können Einzelgerölle oder Geröllschnüre erhaben aus der Werksteinfläche herauspräpariert werden. Die oft erheblichen Verwitterungsschäden sind nicht auf die jüngste Vergangenheit beschränkt; schon STOIS (in REIS 1935, S. 209) beklagt die „im allgemeinen schlechte Wetterbeständigkeit" und zählt „erschreckende Beweisstücke" für den unaufhaltsamen Verfall auf.

Die pleistozänen Konglomerate (Nagelfluh) des Alpenvorlandes stellen recht verwitterungsresistente Werksteine dar. In früheren Jahrhunderten wurden die verfestigten Schotter aller älteren Gletscher- und Schmelzwasserablagerungen Südbayerns lokal verwendet; für München spielten seit der Gotik die Konglomerate im Isargletscherbereich, die arm an Kristallingeröllen sind, eine wesentliche Rolle. In jüngerer Zeit hat sich das im Inntal gelegene Vorkommen von Brannenburg (Deltaschotter der Bibernagelfluh) zum wichtigsten, schließlich einzigen Abbaurevier entwickelt. Der dortige Werkstein ist kristallinreich und dadurch entsprechend bunt; doch nehmen die aus den Zentralalpen stammenden, harten Kristallingerölle auf die Verwitterungsresistenz kaum einen Einfluß, da sie vollständig in kalkigem bis dolomitischem Bindemittel schwimmen.

Die Beständigkeit der Nagelfluh gegen Atmosphärilien ist stark abhängig von der wechselnden Güte des Ausgangsmaterials, da in den Brüchen weniger verkittete oder tonigere Lagen zwischen die stärker verfestigten Bänke eingeschaltet sind. Verwitterungserscheinungen sind im wesentlichen durch Zermürbungen an der Oberfläche gegeben; doch werden sie erst bei stärkeren Schäden offenkundig infolge der schon im natürlichen Gestein vorhandenen großporigen bis löcherigen Struktur, die durch herausgelöste Geröllkerne noch verstärkt werden kann. Störend ist die oft rasche Bildung von dünnen Schmutzfilmen, die bei älteren Bauten auch zu dicken gipshaltigen Krusten anwachsen können; sie überlagern bei der Brannenburger Nagelfluh die bunte Schnittfläche und können zudem Anlaß geben zu subkutanem Gesteinszerfall unter der feuchthaltenden Kruste.

4.3 Chemische Sedimentgesteine sowie kristalliner Marmor

Kalksteine und Marmore sind chemisch leichter angreifbar als Silikatgesteine. Deshalb wird in der INSK (MÜLLER **7, 8,** o.J.) bei allen Sorten darauf hingewiesen, daß sie „gegen Aggressorien nicht beständig" sind und daß die „Politur im Freien nicht haltbar" ist.

4.3.1. Nordbayern

Die paläozoischen Kalksteine Nordbayerns – z.B. die früher lokal verwendeten unterkarbonischen Werksteine von Döbra, Trogenau und Culmitz sowie die bis heute wichtigen Oberdevongesteine von Horwagen (Marxgrün) und Wallenfels und der noch in den Fünfziger Jahren bei Hof abgebaute Theresiensteiner Kalkstein mit seinen Varietäten Fürstenstein und Forellenstein – sind teilweise, wie der Horwagener und der Wallenfelser Kalkstein, von beachtlicher Resistenz.

Teilweise zeigen sie aber auch überdurchschnittlich rasche Aufrauhung bis zu Mikrokarst. Varietäten mit Knollenkalkstruktur, bei denen die Kalkknollen durch mergelige Matrix verbunden sind (z.B. beim Wallenfelser Kalkstein), neigen zu Abplatzungen und sind nicht frostbeständig und somit auf innenarchitektonische Verwendung zu beschränken (vgl. auch INSK, MÜLLER o.J.). Die grauen bis schwarzen Varietäten können durch Lichteinfall und Atmosphärilien oberflächlich schnell bleichen zu weißlichem Farbton; häufig erfolgt die Entfärbung beschleunigt im Kapillarwassersaum und Spritzwasserbereich sowie an Klüften entlang.

Die vor allem im Maingebiet südlich von Würzburg (z.B. Reviere Tauberkreis, Kirchheim, Winterhausen, Marktbreit) von alters her für den örtlichen Gebrauch abgebauten, seit der Gründerzeit in großen Mengen auch weithin verfrachteten Gesteine des Oberen Muschelkalkes (Hauptmuschelkalk) kommen in unterschiedlicher Qualität und entsprechend verschiedenem Verwitterungsverhalten vor. Neben den Quaderkalken fanden Trochitenkalke und Terebratelbänke Verwendung. Bei großer Dichte und Härte wurden sie auch als Pflastersteine, bei Quaderausbildung als Sockel- und Denkmalblöcke verwendet.

Die Quaderkalke, die bei weitem wichtigste Werksteinart des Muschelkalks, bestehen vorwiegend aus Schalen und Schalentrümmern von Muscheln und Brachiopoden, die in flachmeerischen Rippelkörpern und Spülsäumen zusammengeschwemmt wurden. Da ihre Schichtflächen oft unregelmäßig-wellig sind, zeigt der Anschnitt parallel zum Lager häufig typisch bogige Musterung, der Anschnitt senkrecht zum Lager oft Schrägschichtung; dies mindert die Neigung zu schichtparalleler Abschalung. Der umkristallisierte, gelegentlich dolomitische Schalenschutt ist durch feinstkörnigen oder pflasterartigen calcitischen Zement grobporig, aber fest gebunden. Der Tongehalt ist untergeordnet; er ist in den Hohlräumen gesammelt und bestimmt nicht die Bindung; gelegentlich findet er sich synsedimentär in Lagen oder postsedimentär in Stylolithenbändern angereichert. Quarz in sehr kleinen Mengen ist für die Härte und Bindung ebenfalls unbedeutend. In wechselnd hohen Anteilen kommt Limonit vor, der ockergelbe bis rostbraune Nester in den Poren und Schalenzwickeln bildet und den Beigeton des frischen Gesteins bedingt. Limonitanreicherungen führen zu Ockerkalkschmitzen, die dem fränkischen Quaderkalk oft eingelagert sind. Durch Ausschwemmung und Auslösung des tonig-limonitischen Pigments kann das Gestein rasch grau bleichen.

Aufgrund des auch nach der Ausschwemmung der Porenräume günstigen lückig-porösen Gefüges und des festen Kornverbundes sind die Werksteine – bei Auswahl geeigneter Blockqualitäten – gut verwitterungsbeständig. Nach STOIS (in REIS 1935, S. 214) ist „ihre Wetterfestigkeit unbestritten". Oberflächliche Anlösung führt zunächst zu starken Aufrauhungen, die aber infolge der grobporigen, oft rauh belassenen Sichtflächen kaum stören und nur bei dichteren und kleinerkörnigen, feiner schleifbaren Varietäten erkennbar werden. Vor allem in beregneten Bereichen kann die tonig-limonitische Substanz rasch herausgelöst und das Fossilschalengerüst dadurch deutlicher freipräpariert werden. Im Regenschatten gebildete Schmutz- und (Gips-)Sinterkrusten greifen in die Porenräume der äußersten Gesteinsschicht ein und heben sich unter der Einwirkung von Salz- und Frostsprengung samt der Gesteinsepidermis ab. Bei älteren oder stärker verwitterungsbeanspruchten Bauten können dadurch oberflächliche Zermürbungen zum

Zerfall in dünnen Lagen, flächenparallele Risse zum tiefgründigen Abblättern und Abschuppen führen. Gelegentlich wittern tonige Streifen oder Stylolithenbänder – vor allem bei Anschnitt senkrecht zum Lager – tiefer aus.

Dichte Varietäten des Quaderkalkes sind die blaugrauen oder braungrauen Einschaltungen der Blaubank und Goldbank. Diese schön gefärbten und polierfähig-dichten Gesteine sind im allgemeinen nur für Innenarchitektur geeignet. Außen können der höhere Mergelgehalt und die ungünstigere Porenstruktur rasch zu Verwitterungserscheinungen, z.B. zu Zermürbungen und Abschalungen, führen.

Innerhalb der Malmkalke der Fränkischen Alb finden bzw. fanden vor allem der Treuchtlinger Kalk des Malm Delta, die verschiedenen Varietäten von Donaukalkstein (Kelheimer Kalk, Auerkalk, Ihrlersteiner und Marchinger Kalk) des Malm Epsilon und Zeta, die Solnhofener Plattenkalke (Lithographiesteine) ebenfalls des Malm Zeta sowie die Frankendolomite (z.B. Kleinziegenfelder und Wachenzeller Dolomit) des mittleren und oberen Malms Verwendung. Die Werksteine des Malm Beta wurden bevorzugt als Massivbausteine gebrochen.

Von guter Verwitterungsbeständigkeit sind vor allem die Werkkalke und die dichten, körnigen Detritusanhäufungen des Donaukalksteins. Erst durch lange oder intensive Anwitterung wird ihr Gefüge durch Lösung des Bindemittels und durch feinste Rißbildungen bis mehrere Millimeter tief herauspräpariert. Beim Kelheimer Kalk wird dadurch die Zusammensetzung aus grobkörnigem bis fein zerriebenem Schalenschutt reliefartig deutlich. Im Regenschatten, wo Schmutz- und Gipskrusten aufwachsen und bis in die oberste Gesteinshaut hineinwuchern, bleibt das gelockerte bröckelige oder mehlige Material unter der Rinde erhalten. In der INSK (MÜLLER **8,** o.J.) wird darauf hingewiesen, daß die Kalke – vor allem als Bodenbeläge im Freien – frostgefährdet sein können; STOIS (in REIS 1935, S. 214) macht aus gleichem Grund darauf aufmerksam, daß die lang anhaltende Bruchfeuchte und die damit verbundene Frostgefahr den Jurakalkstein ganz allgemein abhängig macht vom Zeitpunkt seiner Gewinnung, die nur im Sommer erfolgen sollte. Insgesamt aber kann man der Wertung von STOIS (l.c. S. 213) beipflichten, daß „Donau- und Kelheimer Kalkstein, bekannt als hervorragender Baustein der Zeit LUDWIG's I., die Erwartungen, die man an seine Wetterbeständigkeit knüpfte, fast restlos erfüllt hat. Das dichte, für Bau- und Denkmalzwecke gleichermaßen brauchbare Gestein verdankt seine heute noch rege Beliebtheit seiner schnell zustande kommenden, reizvollen Patina nicht minder als seiner guten Haltbarkeit".

Der Treuchtlinger Kalk ist anfälliger gegenüber den Atmosphärilien, vor allem dem Frost. Die selektive Verwitterung der mikritischen, dichten Matrix kann zur Freilegung der Fossilien, z.B. der Schwammdurchschnitte, führen. Die maisgelben und wolkig-beigegrauen, z.T. auch von größeren Hohlräumen durchsetzten, partienweise zuckerkörnigen Frankendolomite sind gegen die Aggressorien noch etwas weniger anfällig als die Kalksteine. Dagegen sind die massigen, lückig-porösen Riffgesteine innerhalb des Donaukalkes (z.B. Auerkalk, Marchinger Kalk) vor allem im Sockelbereich leichter zerfrierbar als die dichteren Varietäten und brechen dann splittrig aus.

Der beigegraue und gelbliche Solnhofener Kalk, der hervorragend eben in Blättern und Platten nach der Schichtung spaltet, ist für Außenverwendung wenig geeignet. Die ungünstige Porenverteilung des homogenen, dichten Gesteins bedingt Aufschuppungen und schalige Abplatzungen durch Frost- und Salzverwitterung. An wettergeschützten Stellen kann der Kalkstein unter Schmutz- und Gipskrusten, die bis ins Gestein einwirken, zermürben. Diesen Schadensbildern entspricht die Wertung in der INSK (MÜLLER **8,** o.J.), daß die Solnhofener Plattenkalke gegen Frost und Aggressorien nicht beständig und für Fassadenverkleidungen nicht geeignet seien. Bei Nutzung als Bodenplatten kommen gelegentlich durch das Begehen Ausbrüche der oberen Plattenlagen vor. Zum Teil erstaunlich gut ist die Verwitterungsresistenz bei Verwendung als dünne Dachplatten („Zwicktaschen"), wie alte Häuser im Altmühltal beweisen.

Zu beachten ist, daß die durch feinverteiltes limonitisches Pigment maisgelben und beige- bis cremefarbenen Malmkalksteine und -dolomite bei Verwitterung zu hartem Grauweiß ausbleichen können, was z.B. bei Steinersatz zu unerwünschten Farbkontrasten führen kann.

Naturwerksteine nordbayerischer Provenienz sind auch die metamorphen Marmore des Fichtelgebirges (zwischen Wunsiedel und Marktredwitz) und des Spessarts sowie die Gipsgesteine des fränkischen Gipskeupers, die zwischen Bad Windsheim und Königshofen gewonnenen wurden. Sie sind zwar nur von lokaler Bedeutung, aber interessant in ihrem Verwitterungsverhalten. Der Marmor zeigt oberflächliche Entfestigungen durch chemische Anlösung der Kristalle sowie durch feine Rißbildungen, was zu Absanden und Absprengungen führen kann; hinzu kommen Krustenbildungen, die oft eine zusätzliche Zermürbung der calcitischen Unterlage bedingen. Die Quader und Platten aus grauem, weichem und chemisch relativ leicht löslichem Gips haben sich auch bei alten Bauten meist als überraschend resistent erwiesen; die Verwitterung führte zwar zu oberflächlicher Korrosion bis zu Mikrokarst; dagegen waren Schalenbildungen oder Abplatzungen kaum zu beobachten, vielleicht infolge der mangelnden Salzsprengung.

4.3.2. Bayerische Alpen und Alpenvorland

Die grauen und braungrauen Kalksteine des alpinen Muschelkalkes und der Partnachschichten („Steinbruchkalke"), die Jahrhunderte lang vor allem im Raum Hochschwangau/Füssen, daneben auch bei Lenggries abgebaut wurden, haben sich trotz der oft knolligen oder fingerartig vergitterten Strukturierung als recht verwitterungsbeständig erwiesen. Durch Pigmententzug kann eine Bleichung zu hellerem Grau erfolgen.

Ein im Alpenraum weithin verbreiteter und ehemals vielerorts (z.B. bei Berchtesgaden, Ruhpolding, Marquartstein, Mittenwald, Großweil, Ettal und Hohenschwangau) abgebauter Werkstein ist der jurassische Rote Knollenkalk (Adneter Typ). In tektonisch verfältelter und zerscherter Ausbildung („Knittermarmor") kommt er bei Enterbach/Tegernsee und bei Füssen vor. Als normale Verwitterungserscheinungen zeigen diese Knollen- und Knitterkalke eine chemische Anlösung der Gesteinsoberfläche bis zu gefurchtem

Mikrokarst sowie Krustenbildungen durch Staubanwehung und Gipskristallisation, die das unterliegende Gestein mit angreifen und mehlig zersetzen können. Hinzu kommt eine Bleichung der Farben durch Eisenauslaugung, vielleicht auch Reduktion, so daß schon nach wenigen Jahrzehnten aus einem intensiv roten und braunroten ein oberflächlich blaßrosa oder cremefarben erscheinender Stein wird. Zu diesen normalen Verwitterungseffekten kommen die spezifischen Schäden durch die Knollen- und Knitterstruktur, die den jurassischen „Rotmarmor" zu einem besonderen Problem der Denkmalpflege machen: Je stärker tonig und je deutlicher abgesetzt das Zwischenmittel zwischen den Kalkknollen oder Knitterlagen ist, umso anfälliger ist das Gestein gegen Frost, Salzsprengung und Tonquellen sowie gegen mechanische Beanspruchung. Gute Steinqualitäten mit geringerem Tonanteil können somit auch über lange Zeit beständig bleiben, während schlechte, tonreiche Qualitäten schon in wenigen Jahrzehnten einem desolaten Zustand zustreben. Gefährdet durch den Verwitterungsangriff sind vor allem Werksteinflächen, die schichtparallel exponiert sind; wenn die Tonlagen dann „aufgehen", kann sich an den Sichtseiten rasch das gleiche knollig- oder knitterig-unregelmäßige Relief entwickeln wie an den natürlichen Spaltflächen im Steinbruch. Der Verwitterungsanfälligkeit der meisten Roten Knollenkalke entspricht die Empfehlung, eine Außenverwendung nur bei sehr guten Sorten oder bei angemessenen Stärken (Massivbausteine) oder in wärmerem, trockenerem Klima vorzunehmen, ansonsten aber die Nutzung auf Zwecke der Innenarchitektur zu beschränken (MÜLLER **7**, o.J.; I.C.E. 1982).

Ein ebenfalls alpin-jurassischer Werkstein, der eng mit den Roten Knollenkalken vergesellschaftet sein kann, sind die Hierlatzkalke. Das rote bis rosa und grau getönte Gestein ist reichlich gespickt mit weißen Crinoidenstielgliedern. Infolge der homogenen Struktur aus Kalkbioklasten in mikritischer Kalkmatrix und infolge des geringen Tonanteils sind die Hierlatzkalke verwitterungsbeständiger als die Knollenkalke. Länger oder stärker wetterbeanspruchte Platten zeigen Bleichungserscheinungen, oberflächliche Anlösungen der Sichtflächen, die zur Herauspräparierung des spätigen Crinoidenschuttes führen, sowie Krustenbildungen mit mehligem Zerfall der darunterliegenden Gesteinshaut.

Als Oberkreide-Werkstein ist der Breccienkalkstein des „Benkenberg-Marmors" aus dem Füssener Revier zu nennen. Er wurde in der unteren Oberkreide (Cenoman/Turon) als Transgressionskonglomerat gebildet und ist somit genetisch verwandt mit den Gosaukalken des „Untersberger Marmors" aus dem Salzburgischen, jedoch älter als diese. REIS (1935, S. 62 ff.) rechnet den „Benkenberg-Marmor" ebenso wie den konglomeratischen „Weiße-Haus-Marmor", der südlich von Füssen unterhalb der Rotwand gewonnen wurde, zu den Oberkreide-„Brockenmarmoren"; tatsächlich stellt letzterer jedoch ein Basalkonglomerat aus dem unteren Jura (Lias) dar, der dort über dem Hauptdolomit folgt. Benkenberg- und Weiße-Haus-Marmor haben nur begrenzte Verwendung vor allem im Umkreis der Gewinnungsorte gefunden; zudem wurden die kostbaren Dekorationssteine zumeist nur im Innenbereich verbaut. Der aus weißlichen, cremefarbenen und grauen Trümmern zusammengesetzte und mit rötlichem Bindemittel verkittete Benkenberg-Breccienkalk sowie der farbenprächtigere, aus grauen, braunen und ockerfarbenen Komponenten in braunroter Matrix gefügte, zerklüftete und mit weißem Calcit wiederverheilte Weiße-Haus-Marmor

haben sich bei (seltener) Außenverwendung nur mäßig gut bewährt: Das stärker mergelige Bindemittel kann tiefgründig auswittern und dadurch ein splittriges Ausbrechen der Komponenten bewirken; zudem weisen beide Breccienkalke neben den üblichen Anlösungen und Schmutzkrusten auch Bleichungserscheinungen auf.

Ein Sorgenkind der Denkmalpflege ist auch der „Rosenheimer Granitmarmor", ein eozäner, grobkörniger Lithothamnien-Schuttkalk der randalpinen helvetischen Zone. Die aus Lithothamnienknöllchen, Kalkschalerzerreibsel sowie geringfügig eingestreuten Großforaminiferen, Quarzkörnern und Glaukonitpartikeln bestehenden, schlecht verschränkten Kornanhäufungen sind wenig fest durch mergelige, auch tonige oder calcitische Matrix gebunden. Die Verwitterung führt rasch zur Lösung des Kornverbandes und zu Rißbildungen in der Gesteinsrinde; die Werksteine zermürben daher und bröckeln oder blättern schließlich tiefgründig ab unter der Wirkung von Frost, Temperaturschwankungen und Salzverwitterung sowie durch Quellung des mergeligen Bindemittels. Gröberkörnige Varietäten zeigen häufig schnelleren Verwitterungsfortschritt als feinerkörnige. Unter breiten Bedachungen erwies sich das Gestein auch im Freien als länger beständig. Kalksteine, die mehr aus den Riffkernen im Lithothamnienkalk-Bereich stammen und eine dichtere, grobknollige Struktur zeigen, sind widerstandsfähiger. Daß die starken Zerstörungen nicht erst ein aktuelles Problem sind, zeigt der Hinweis von REIS (1935, S. 52), daß der „Granitmarmor im Freien der Verwitterung in unserem Klima nicht lange widersteht. Die zahlreichen, meist in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts aus diesem Gestein erstellten Grabsteine und Denkmalsockel sind heute (1935!) überall stark angegriffen". Durch Bleichung wird das bläulich- und gelblichgraue Gestein weißlich.

Auch die früher an verschiedenen Orten abgebauten Nummuliten- und Assilinenkalke sowie die etwa gleichaltrigen Sandkalke und Mühlsandsteine sind Bildungen der helvetischen Zone. Als Naturwerksteine wichtig sind die Nummulitenkalke, deren millimeter- bis zentimetergroße Foraminiferen-Kalkschalen gemeinsam mit Quarzkörnern in kalkigem bis kalkmergeligem mikritischem Bindemittel liegen; vereinzelt ist auch Glaukonit eingestreut. Infolge der unterschiedlichen Zusammensetzung und Bindung der Schalenanhäufungen ist die Verwitterungsanfälligkeit von Bruch zu Bruch und sogar von Bank zu Bank recht unterschiedlich. So weist schon STOIS (in REIS 1935, S. 211) auf die katastrophalen Zerstörungen am St. Pankra(t)zer Kalkstein (Haunsberg nördlich von Salzburg) hin, während sich der bayerische „Enzenauer Marmor" als „ungleich wetterbeständiger" erweise. Bei dessen Verwitterung treten die härteren Bioklasten aus der leichter angreifbaren Matrix hervor. Der gelockerte Kornverband platzt schließlich – vor allem bei tonreicheren Varietäten – schichtparallel buckelig auf. Im Regenschatten neigt das Gestein zu Schmutzkrusten und sulfatischen Salzsprossungen, die bis ins Gesteinsinnere wirken und zur Zermürbung des Kornverbandes beitragen können. Durch Bleichung wird der rötlichbraune bis olivgraue Farbton äußerlich aufgehellt.

Zu den ältesten, schon seit Römerzeiten gewonnenen Werksteinen im südbayerischen Alpenvorland zählen die quartären Kalktuffe, die früher an zahllosen Lokalitäten abgebaut wurden, heute nur noch bei Polling in nennenswertem Ausmaß ausgebeutet werden. Die im Steinbruch in bergfeuchtem Zustand

weichen und dadurch gut gewinnbaren und bearbeitbaren Gesteine härten an der Luft zu einem recht verwitterungsstabilen Werkstein. Das porös-tuffige, teilweise versinterte Gefüge bietet der Verwitterung wenig Angriffsmöglichkeiten: Die lückige Struktur läßt Frost- und Salzsprengung kaum wirksam werden, und chemische Auflösungen mögen durch Wiederausfällung ausgeglichen werden, so daß auch sehr alte Bausteine – z.B. an romanischen Kirchenfassaden – noch in gutem Zustand sind. Hinzu kommt, daß oberflächliche Aufrauhungen und Ausbrüche an den ohnehin unregelmäßig-löcherigen Sichtflächen kaum deutlich werden. Unter Schmutz- und Sulfatkrusten, die auch die größeren Hohlräume tapezieren können, ist das Gestein gelegentlich zermürbt bis zur Kantenrundung der Quader. Mechanischen Druck- oder Schlagbeanspruchungen leistet das lückige Gestein auf Dauer wenig Widerstand.

5. Literatur

ARNOLD, A. (1981): Salzmineralien in Mauerwerken. – Schweiz. mineral. petrogr. Mitt. **61:** 147–166, Zürich 1981.

BEEGER, D. & PRESCHER, H. (Hrsg., Red.) (1978): Beiträge zu Problemen der Natursteine in Baukunst und Wirtschaft. – Abh. Staatl. Mus. Miner. Geol. Dresden, **27:** 142 S., Dresden (Steinkopff) 1978.

CORRENS, C. W. & STEINBORN, W. (1939): Experimente zur Messung und Erklärung der sogenannten Kristallisationskraft. – Z. Kristallogr., **101:** 117–133, 1939.

DIENEMANN, W. & BURRE, O. (1929): Die nutzbaren Gesteine Deutschlands und ihre Lagerstätten. – **II:** Feste Gesteine. – 486 S., Stuttgart (Enke) 1929.

DIN 50.018, 51.223, 52.102, 52.103, 52.104, 52.105, 52.106, 52.108, 52.111, 52.113, 52.617 E. – Berlin/Köln (Beuth-Vertrieb).

DITTMANN, C. (1982): Regensburg – Stadtklima und Luftverunreinigung. – Acta Albertina Ratisbonensia, **41:** 336 S., Regensburg (Naturwiss. Verein Regensburg) 1982.

ECKHARD, F. E. W. (1978): Microorganisms and Weathering of a Sandstone Monument. – In: KRUMBEIN, W. E. (ed.): Environmental Biogeochemistry and Geomicrobiology, **2:** 675–686, Ann Arbor/Mich. 1978.

ECKHARD, F. E. W. (1983): Mechanismen bei der Verwitterung von Mineralien und Gestein durch Mikroorganismen. – Sitz.-Ber. Arbeitskreis „Naturwiss. Forsch. an Kunstgütern aus Stein", Hannover, 75–84, Erlangen (Inst. f. Werkstoffwiss. III d. Univ.) 1983.

EVANS, J. S. (1970): Salt Crystallization and Rock Weathering: a Review. – Revue de Géomorphologie dynamique, **19:** 153–157, 1970.

FEIX, R. (Forsch.-Beauftr.) (1982): Untersuchungen über die wesentlichen Einflußfaktoren bei Frost-Tauwetter-Versuchen an Mineralstoffen und Entwicklung eines FTW-Verfahrens mit automatischer Prüfzyklensteuerung. – 336 S., München (Prüfamt f. Bituminöse Baustoffe u. Kunststoffe d. T.U.M.) 1982.

FITZNER, B. & SNETHLAGE, R. (1983): Modellvorstellungen zum Kristallisations- und Hydratationsdruck von Salzen im Porenraum von Sandsteinen. – Sitz.-Ber. Arbeitskreis „Naturwiss. Forsch. an Kunstgütern aus Stein", Hannover, 6–18, Erlangen (Inst. f. Werkstoffwiss. III d. Univ.) 1983.

FLURL, M. (1792): Beschreibung der Gebirge von Baiern und der oberen Pfalz – 642 S., München 1792.

FRANK, W. H. (1983): Verwitterungserscheinungen an Bauwerken aus Naturstein, Möglichkeiten der Restaurierung und Konservierung. – Z. dt. geol. Ges., **134:** 317–343, Hannover 1983.

FÜRST, M. & SANTOWSKI, G. (1983): Natursteine in Baudenkmälern Bambergs und seiner Umgebung. – Nachr. dt. geol. Ges., H. 29, 20–21, Hannover 1983.

GRIMM, W.-D. (1980): Zum Forschungsvorhaben „Verwitterungsverhalten von Naturwerkstein in München in Abhängigkeit von Zeit und Ort". – Sitz.-Ber. Arbeitskreis „Naturwiss. Forsch. an Kunstgütern aus Stein", München, 35–44, Erlangen (Inst. f. Werkstoffwiss. III d. Univ.) 1980.

GRIMM, W.-D. (1983): Zum Verwitterungsverhalten von Naturwerksteinen in München. – Sitz.-Ber. Arbeitskreis „Naturwiss. Forsch. an Kunstgütern aus Stein", Hannover, 41–49, Erlangen (Inst. f. Werkstoffwiss. III d. Univ.) 1983.

GRIMM, W.-D. & VÖLKL, J. (1983): Rauhigkeitsmessungen zur Kennzeichnung der Naturwerksteinverwitterung. – Z. dt. geol. Ges., **134:** 387–411, Hannover 1983.

HEROLD, R. (1976): Schaden an Naturwerkstein-Bekleidung in Unterführungen – ein Versetzproblem. – Granit International, 26–29, München 1976.

HIRSCHWALD, J. (1912): Handbuch der bautechnischen Gesteinsprüfung. – 923 S., Berlin (Borntraeger) 1912.

HOHL, R. (Hrsg.) (1981): Die Entwicklungsgeschichte der Erde. – 5. Aufl., 703 S., Hanau (Dausien) 1981.

I.C.E. (Nationales Institut für Außenhandel Rom) (1982): Marmi Italiani. – **I + II,** 79 + 146 S., Rom 1982.

KAISER, E. (1907): Über Verwitterungserscheinungen an Bausteinen. – **I:** Der Stubensandstein aus Württemberg, namentlich in seiner Verwendung am Kölner Dom. – N. Jb. Mineral. Geol. Paläont., 42–64, Stuttgart 1907.

KAISER, E. (1929): Über eine Grundfrage der natürlichen Verwitterung und die chemische Verwitterung der Bausteine in Vergleich mit der in der freien Natur. – Chemie d. Erde, **4:** 290–342, Jena 1929.

KIESLINGER, A. (1932): Zerstörungen an Steinbauten. – 346 S., Leipzig/Wien (Deuticke) 1932.

KIESLINGER, A. (1959): Rahmenverwitterung. – Geologie u. Bauwesen, **24:** 171–186, Wien 1959.

KNETSCH, G. (1952): Geologie am Kölner Dom. – Geol. Rdsch., **40:** 57–73, Stuttgart 1952.

KRAUS, K. (1983): Versuch zur Simulation der chemischen Verwitterung von Gesteinen. – Sitz.-Ber. Arbeitskreis „Naturwiss. Forsch. an Kunstgütern aus Stein", Hannover, 61–73, Erlangen (Inst. f. Werkstoffwiss. III d. Univ.) 1983.

KRUMBEIN, W. E. (1966): Zur Frage der Gesteinsverwitterung (über geochemische und mikrobiologische Bereiche der exogenen Dynamik). – Unveröff. Diss. Univ. Würzburg, 106 + 9 S., Würzburg 1966.

KRUMBEIN, W. E. (1968): Zur Frage der biologischen Verwitterung: Einfluß der Mikroflora auf die Bausteinverwitterung und ihre Abhängigkeit von edaphischen Faktoren. – Z. allg. Mikrobiol., **8:** 107–117, 1968.

KRUMBEIN, W. E. (1973): Über den Einfluß von Mikroorganismen auf die Bausteinverwitterung – eine ökologische Studie. – Dt. Kunst- u. Denkmalpflege, **3:** 54–71, München/Berlin 1973.

L. G. A. (1980): Richtlinie zur Ermittlung der Ausbruchfestigkeit am Ankerdornloch in Fassadenplatten aus Naturwerkstein. – L.G.A.-Rundschau 80–4, 1980.

LUCKAT, S. (1973–1977): Die Einwirkung von Luftverunreinigungen auf die Bausubstanz des Kölner Domes. – Kölner Domblatt; I: **36/37,** 63–74, 1973; II: **38/39,** 95–106, 1974; III: **40,** 75–108, 1975; IV: **42,** 151–188, 1977; Köln 1973–1977.

LUCKAT, S. (1981 a): Quantitative Untersuchung des Einflusses von Luftverunreinigungen bei der Zerstörung von Naturstein. – Staub – Reinh. Luft, **41:** 440–442, Hannover 1981.

LUCKAT, S. (1981 b): Quantitative Untersuchung des Einflusses von Luftverunreinigungen bei der Zerstörung von Naturstein. – Unveröff. Forsch.-Ber. im Auftrag d. Umweltbundesamtes, 139 S., Dortmund (Zollern-Inst.) 1981.

LUCKAT, S. (1983): Stand der Untersuchungen im Zollern Institut. – Sitz.-Ber. Arbeitskreis „Naturwiss. Forsch. an Kunstgütern aus Stein", Hannover, 54–56, Erlangen (Inst. f. Werkstoffwiss. III d. Univ.) 1983.

MARSCHNER, H. (1973): Laboratoriumsuntersuchungen zum Verwitterungsschutz von Bausteinen. – Dt. Kunst- und Denkmalpflege, **3:** 32–44, München/Berlin 1973.

MATTHESS, G. (1961): Die Herkunft der Sulfat-Ionen im Grundwasser. – Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., **35:** 85 S., Wiesbaden 1961.

MOLEN, J. M. VAN DER (1980): Microbial Weathering of the St. Stephanus Church in Pilsum – Laboratory and Field Experiments. – Sitz.-Ber. Arbeitskreis „Naturwiss. Forsch. an Kunstgütern aus Stein", München, 45–60, Erlangen (Inst. f. Werkstoffwiss. III d. Univ.) 1980.

MÜLLER, F. (o. J.): Internationale Naturwerkstein Kartei – INSK. – **1–10**, Ulm (Ebner).

NIESEL, K. (1979): Zur Verwitterung von Baustoffen in schwefeloxidhaltiger Atmosphäre – Literaturdiskussion. – Fortschr. Miner., **57:** 68–124, Stuttgart 1979.

NIESEL, K. & SCHIMMELWITZ, P. (1982): Zur quantitativen Kennzeichnung des Verwitterungsverhaltens von Naturwerksteinen anhand ihrer Gefügemerkmale. – Forschungsbericht 86, 100 S., Berlin (BAM) 1982.

OEL, H. J. (Leitg.) (1983): Sitzung des Arbeitskreises „Naturwissenschaftliche Forschung an Kunstgütern aus Stein", Hannover. – 119 S., Erlangen (Inst. f. Werkstoffwiss. III d. Univ.) 1983.

OHSE, W., MATTHESS, G. & PEKDEGER, A. (1983): Gleichgewichts- und Ungleichgewichtsbeziehungen zwischen Porenwässern und Sedimentgesteinen im Verwitterungsbereich. – Z. dt. geol. Ges., **134:** 345–361, Hannover 1983.

QUERVAIN, F. DE (1945): Verhalten der Bausteine gegen Witterungseinflüsse in der Schweiz. – Beitr. Geol. Schweiz. Geotechn., **23**: Bern (Kümmerly & Frey) 1945.

QUERVAIN, F. DE & JENNY, V. (1951): Verhalten der Bausteine gegen Witterungseinflüsse in der Schweiz, Teil II: Beitr. Geol. Schweiz. Geotechn., **30:** Bern (Kümmerly & Frey) 1951.

REIS, O. M. (1935): Die Gesteine der Münchner Bauten und Denkmäler. – 243 S. + Taf., München (Ges. Bayer. Landesk.) 1935.

RIEDERER, J. (1973 a): Die Wirkungslosigkeit von Luftverunreinigungen beim Steinzerfall. – Staub – Reinhalt. Luft, **33:** 15–19, Hannover 1973.

RIEDERER, J. (1973 b): Steinkonservierung in Bayern. – Jb. Bayer. Denkmalpflege, **28:** 264–283, München 1973.

SCHWEIZERISCHE GEOTECHNISCHE KOMMISSION (1915): Die natürlichen Bausteine und Dachschiefer der Schweiz („Bausteinband"). – Beitr. Geol. Schweiz. Geotechn., **5:** Bern 1915.

SIMON, W. (1974): Verfall an Steinbauten. – Ruperto Carola, **53:** 57–67. Heidelberg 1974.

TRIEBE, R. (1976): Der Dom zu Regensburg. – Steinmetz + Bildhauer, 11–15, München 1976.

VDI-Richtlinien 3794, Bl. 1 Entwurf; 3797 Bl. 1 Entwurf, Berlin/Köln (Beuth-Vertrieb).

VOLKWEIN, A. (1980): Ultraschalluntersuchungen an Naturwerkstein. – Sitz.-Ber. Arbeitskreis „Naturwiss. Forsch. an Kunstgütern aus Stein", München, 61–77, Erlangen (Inst. f. Werkstoffwiss. III d. Univ.) 1980.

WEISS, K. (Hrsg.) (1915): Handbuch der Steinindustrie. – **I:** Die nutzbaren Gesteinsvorkommen Deutschlands. – 500 S.; **II:** Technik der Steingewinnung und Steinverarbeitung. – 645 S. – Berlin (Union Deutsche Verlagsges.) 1915.

WIHR, R. (1980): Restaurierung von Steindenkmälern. – 230 S., München (Callwey) 1980.

WINKLER, E.M. (1975): Stone: Properties, Durability in Man's Environment. – 2. Aufl., 230 S., Wien/New York (Springer) 1975.

ZEHNDER, K. (1982): Verwitterung von Molassesandsteinen an Bauwerken und in Naturaufschlüssen. – Beitr. Geol. Schweiz, Geotechn., **61:** 130 S., Bern 1982.

Geologica Bavarica	86	551–563	München 1984

Konservierungsmöglichkeiten von Natursteinen

Von
ROLF SNETHLAGE
Mit 4 Tabellen

Anschrift des Verfassers: Dr. ROLF SNETHLAGE, Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege, 8000 München 2, Pfisterstr. 1

Einleitung

Die Möglichkeiten der Konservierung von Naturstein beschäftigen derzeit die Forschung aus zwei grundverschiedenen Anlässen. Zum einen sind in den letzten 20 Jahren in Zusammenhang mit dem gewachsenen Denkmalbewußtsein die Fragen der erhaltenden Gesteinskonservierung in den Vordergrund des Interesses gerückt. Zum anderen erlebt der Baustoff Naturstein in den jüngsten Jahren eine erneute Blüte, so daß, um zukünftigen Schäden vorzubeugen, die Möglichkeiten prophylaktischer Konservierung erörtert werden.

Das Forschungsgebiet Steinkonservierung befaßt sich neben dem Studium von Verwitterungsvorgängen in erster Linie mit Konservierungsmitteln und Konservierungsmethoden, da damit ihr Hauptanliegen, nämlich die größtmögliche Erhaltung der Originalsubstanz, am besten gewährleistet ist. Aus diesem Grund steht in aller Regel die Beschäftigung mit der Steinfestigung und Hydrophobierung im Vordergrund. Es sind aber auch die Steinergänzung mit Naturstein oder mit Restauriermörteln, die Natursteinauswechslung und die Rekonstruktion eingeschlossen.

Im folgenden soll nun der Ablauf einer Steinkonservierungsmaßnahme als Gliederung benützt werden, um dem Leser damit gleichzeitig einen Einblick in das Aufeinanderfolgen der einzelnen Maßnahmen am Objekt zu geben:

- Dokumentation des vorgefundenen Zustands:
  Schadensbefund, Farbbefund (farbige Fassungen),
  frühere Konservierungsmaßnahmen,
  Ausarbeitung eines vorläufigen Restaurierungskonzeptes
- Naturwissenschaftliche Voruntersuchungen:
  Ermittlung von Gesteinseigenschaften,
  Überprüfung der Wirksamkeit von Konservierungsmitteln,
  Detaillierung des Restaurierungskonzeptes,
  Vorschläge zum praktischen Vorgehen bei den Konservierungsmaßnahmen (z.B. Konservierungsmittelverbrauch)
- Ausarbeitung des Restaurierungsplanes: Leistungsverzeichnis
- Durchführung der Konservierungsmaßnahmen:
  Vorfestigung und Sicherung
  Reinigung
  Festigung
  Austausch und Ergänzung
  Farbliche Fassung
  Hydrophobierung

Die einzelnen Punkte dieses Ablaufplanes sollen nun näher erläutert werden.

Dokumentation und Restaurierungsplan

Zu den Maßnahmen „Dokumentation des vorgefundenen Zustandes" und „Ausarbeitung eines Restaurierungsplanes" mögen die folgenden kurzen Notizen genügen, da es sich hier um vorwiegend restauratorische oder verwaltungstechnische Fragen handelt. Dennoch ist jedoch gerade die Zustands-Dokumentation von außerordentlicher Wichtigkeit, weil durch sie wesentliche Teile der Restaurierungsziele festgelegt werden. Die Einschaltung der Denkmalpflege, bei Denkmalobjekten gesetzlich vorgeschrieben, ist gerade deshalb unerläßlich, damit die gewonnenen Befunde eine richtige kunsthistorische Wertung erhalten und zusammen mit dem Restaurator und dem Naturwissenschaftler zu einem schlüssigen und begründeten Konservierungskonzept vereinigt werden können.

Naturwissenschaftliche Voruntersuchungen

Die naturwissenschaftlichen Voruntersuchungen sollen die Grundlagen für die diversen Arbeitsabläufe der Konservierungsmaßnahme festlegen. In einer solchen Voruntersuchung sind üblicherweise Vorschläge zur Reinigung, Festigung, Steinergänzung u.s.f. enthalten. Weiterhin besteht eine wesentliche Aufgabe der Voruntersuchung darin, diejenigen Gesteinseigenschaften zu bestimmen, welche für die Konservierung von Bedeutung sind. Dabei handelt es sich allgemein um Eigenschaften, die auch für die Beurteilung des Verwitterungsverhaltens von Belang sind: Phasenbestand, Korngröße, Kornbindungsmaß, Porosität, Porenradienverteilung u.a. Auch das individuelle Schadensbild muß eingehend untersucht werden, denn es ist von entscheidendem Einfluß auf die Wahl des Konservierungsverfahrens, und schränkt die Anwendungsmöglichkeit mancher Konservierungsmittel ein oder macht deren Anwendung unmöglich. Die naturwissenschaftlichen Voruntersuchungen gehen in das Leistungsverzeichnis ein, welches die Grundlage für die praktische Durchführung darstellt.

Reinigung

Allein wegen der Vielfalt der Natursteine und wegen deren unterschiedlicher Eigenschaften sind allgemein verbindliche Aussagen zu den Reinigungsmöglichkeiten nicht zu machen. Es gibt jedoch trotzdem einige prinzipielle Feststellungen, auf die hier eingegangen werden soll. Einen Überblick über die gebräuchlichsten Steinreinigungsmethoden zusammen mit Empfehlungen zu ihrer Anwendung gibt Tabelle 1. Im einzelnen sind dazu folgende Bemerkungen angebracht:

Im Bereich „Steinrestaurierung" wurde noch vor 10–15 Jahren die Anwendung von sauren oder alkalischen Reinigern häufig bedenkenlos gebilligt, wohl in Unterschätzung der Gefahren, die durch die damit verbundene Salzbildung auftreten. Heute ist man sehr bestrebt, möglichst ohne chemische Zusätze wie Netzmittel oder Seifenpasten allein mit Wasser im Rieselverfahren oder Dampfstrahlverfahren zu reinigen. Da der Hauptbestandteil von Verschmutzungen auf allen Steinarten Gips ist, bringen diese Methoden allgemein befriedigende Ergebnisse. Sicher wird mit ihnen kein übertriebener Reinheitsgrad erreicht. Dieser ist aber auch im Sinne der Substanzerhaltung nicht erforderlich, da eine

Verschmutzung erst ab einer gewissen Stärke ein vom Naturstein unterschiedliches Verhalten bezüglich Quellung und Schrumpfung zeigt, welches dann zu einer Gefährdung für die Originalsubstanz wird.

Als mechanisches Reinigungsverfahren ist neben dem steinmetzmäßigen Abarbeiten (sog. „Tieferlegen der Oberfläche") besonders das Sandstrahlen häufig angewendet worden. Dieses Verfahren ist zwar chemisch „sauber", bei unsachgemäßer Handhabung bringt es jedoch einen solch großen Verlust an originaler Substanz, daß es bei Denkmalobjekten nie angewendet werden sollte. Es muß jedoch eingeräumt werden, daß bei Verwendung von speziellen Strahlmaterialien (z.B. Hochofenschlacke) und speziellen Düsenformen bei einer Reihe von geeigneten, genügend widerstandsfähigen Steinsorten gute Ergebnisse zu erreichen sind.

Festigung

Das Hauptinteresse im Bereich der Gesteinskonservierung ist wohl schon immer den Möglichkeiten der Steinfestigung gewidmet worden. Durch den Angriff von Schwefelsäure werden die Kornbindungen gelockert, und das Ziel der Festigung ist, dem Kornverband die verloren gegangene Festigkeit zurückzugeben. Besonders gut sind diese Vorgänge bei carbonatisch gebundenen Sandsteinen zu beobachten.

Die wichtigsten Mittel zur Steinfestigung sind – auch unter geschichtlichen Gesichtspunkten – in Tabelle 2 zusammengefaßt. Betrachtet man die geschichtliche Entwicklung der Steinfestigungsmittel, so ist festzustellen, daß es Fortschritte im Grund erst seit etwa 1960 mit dem Aufkommen der Kieselsäureester gibt.

Sicher bereits seit dem Alterum waren die Anwendungsmöglichkeiten von Leinöl bekannt, welches mitunter auch noch heute entgegen anderslautenden Erfahrungen angewendet wird. Ähnlich negative Erfahrungen wurden mit einer Reihe von Polyestern gemacht, wobei sich hier zusätzlich der unschöne Oberflächenglanz nachteilig bemerkbar machte. Seit dem letzten Jahrhundert bekannt und vielfältig angewendet wurden weiterhin die Wassergläser. Wassergläser sind wäßrige Lösungen der Alkalisilikate Na_2SiO_3 oder K_2SiO_3. Der festigende Wirkstoff ist SiO_2-Gel. Aus der Reaktionsgleichung (Tabelle 2) ist ersichtlich, daß als Nebenprodukt Salze entstehen, die den betreffenden Stein nachhaltig zu schädigen vermögen. Weiterhin zeigen Wassergläser auch allgemein nur geringe Eindringtiefen, was wahrscheinlich auf eine Rückwanderung zur Oberfläche bei der Verdunstung des Wassers zurückzuführen ist. Dadurch besteht die Gefahr der Bildung von dichten Oberflächenkrusten, welche langfristig eine Gefahr für den Stein darstellen.

Eine auch heute immer noch propagierte Methode ist die Tränkung mit Kalksinterwasser. Die geringe Löslichkeit von $Ca(OH)_2$ in Wasser (0.18 g/kg H_2O) zeigt jedoch bereits, daß diese Methode letztlich nicht praktikabel ist, ganz abgesehen von der Gefahr der Vergrauung infolge der oberflächlichen Abscheidung des gebildeten $CaCO_3$.

Die heute beinahe ausschließlich eingesetzten Steinfestiger sind Orthokieselsäuretetraäthylester. Sie kommen anwendungsfertig in den Handel und enthalten den

Wirkstoff in etwa 70 ziger Konzentration. Der festigende Stoff ist auch bei ihnen das SiO_2-Gel, das sich durch Hydrolyse im Kornverband bildet (vgl. Tabelle 2). Man erkennt aus der Reaktionsgleichung, daß keine schädlichen Nebenprodukte entstehen, da der abgespaltene Äthylalkohol verdampft. Das gebildete SiO_2-Gel ist im Kornverband von Sandsteinen deutlich zu erkennen. Es lagert sich bevorzugt auf Kornoberflächen und besonders in engen Korngrenzbereichen ab, so daß neue Korn-Korn-Brücken gebildet werden. Tonmineral-Kartenhausstrukturen werden bei ausreichender Tränkungsmenge vollständig mit SiO_2-Gel durchzogen, so daß sie gleichsam ein internes Stützgerüst erhalten. Der durch Kieselsäureester-Festigung zu erzielende Festigkeitszuwachs ist bei Sandsteinen derart, daß die Werte des unverwitterten Steines und darüber erreicht werden. Die Art des Einbaus des SiO_2-Gels in den Kornverband, verbunden mit der bei hinreichend saugfähigen Natursteinen ausreichenden Eindringtiefe lassen Kieselsäureester im Grunde genommen als das ideale Festigungsmittel erscheinen. Es muß jedoch deutlich vor einigen Gefahren gewarnt werden. Anwendungsgrenzen für Kieselsäureester ergeben sich zwangsläufig bei nicht ausreichend saugfähigen Gesteinen wie dichten Kalken, dichten Sandsteinen, magmatischen Gesteinen etc. Nicht minder gefährlich ist aber auch eine Anwendung bei Krusten- oder Schalenbildungen. Die Tränkflüssigkeit vermag nämlich nicht die Trennflächen zu überbrücken, so daß letztlich nur die lockere Oberflächenschale gefestigt wird, was mit Sicherheit gravierende Nachfolgeschäden in Form von Abplatzungen nach sich zieht. Grundvoraussetzung für die Anwendbarkeit von Kieselsäureestern ist demnach ein noch zusammenhängendes Korngefüge.

Austausch und Ergänzung

Der Austausch in Naturstein ist bis heute weit verbreitet und wird besonders von den Dombauhütten gepflegt. Die damit verbundenen Fragen sind oft empirisch zu lösen. Man ist bemüht, möglichst Material aus dem gleichen Bruch zu verwenden. Ist dies nicht möglich, wird bei der Auswahl darauf geachtet, ob das Steinmaterial im Lauf der Geschichte bereits einmal Verwendung gefunden hat. Auf diese Weise können störende Materialwechsel vermieden werden. Trotzdem lehrt die Erfahrung, daß immer wieder Fehler begangen worden sind, wenn nämlich bezüglich ihrer Eigenschaften ungeeignete Natursteinersatzmaterialien verwendet worden sind. Als Beispiel sei hier die Verwendung dichter Kalksteine neben porösen Sandsteinen genannt, durch die es häufig zu verstärkten Schäden an den angrenzenden Sandsteinquadern kommt.

Durch eine gründliche naturwissenschaftliche Begutachtung, in der die physikalischen Eigenschaften des Feuchtigkeits- und Wärmetransports untersucht werden, läßt sich solchen Fehlentscheidungen jedoch vorbeugen. Auf den Tabellen 3 und 4 sind die wichtigsten Ergebnisse einer derartigen Untersuchung für die Münsterkirche in Schwäbisch-Gmünd zusammengestellt. Unter den getesteten Steinen heben sich deutlich drei Steinarten (Neubrunner und Obernkirchener Sandstein, Crailsheimer Muschelkalk) heraus, deren Eigenschaften denen des lokalen, originalen Stubensandsteins am nächsten kommen. Zu beachten ist jedoch die offenbar große Streubreite des Stubensandsteins, denn das Steinmuster zur Bestimmung der thermischen Leitfähigkeit ist wesentlich poröser als das

Steinmuster, mit dem die Eigenschaften des Feuchtigkeitstransports bestimmt wurden. Aus diesem Grund wird die Interpretation solcher Untersuchungen erschwert.

Bei kleineren Fehlstellen werden schon seit alters her Ergänzungen mit farblich angepaßten Mörteln vorgenommen. In früherer Zeit sind diese Ergänzungsmaterialien Kalkmörtel gewesen, denen u. U. Kasein zur Verbesserung der Haftfestigkeit und zur Erzielung großer Härten zugesetzt worden ist. Die Entdeckung der hydraulischen Bindemittel hat es mit sich gebracht, daß auch an Denkmälern Zementmörtel an allen passenden und unpassenden Stellen angetragen worden sind. In vielen Fällen waren diese so „fett" eingestellt, daß es sich heute zeigt, daß durch sie die weitere Zerstörung nicht gebremst, sondern eher noch gefördert worden ist. So hat die Denkmalpflege es heute häufig mit der Restaurierung von Konservierungs-Folgeschäden zu tun. Auch die heute gebräuchlichen Restauriermörtel sind entsprechend eingefärbte und in der Körnigkeit angepaßte Zementmörtel oder Kalkzementmörtel, manchmal versehen mit organischen Dispersionszusätzen zur Verbesserung der Haftung. Die Fehlschläge, die mit diesen Restauriermörteln auftreten, sind meist auf unsachgemäße Verarbeitung zurückzuführen. Eine zweite Gruppe von Restauriermörteln besitzt Kunstharzbindung, wobei meist Epoxidharze Verwendung finden. Das äußere Erscheinungsbild ist allgemein gut einem Naturstein angepaßt. Für beide Arten von Restauriermörteln gilt jedoch, daß sich ihr Äußeres im Laufe der Zeit von dem des Natursteins wegentwickelt, so daß sich Ersatzstellen immer deutlicher abheben.

Farbliche Fassung

Für Farbanstriche auf Naturstein benutzte man früher Kalkfarben. Da diese Anstrichsysteme jedoch wenig witterungsbeständig sind, werden sie schon seit geraumer Zeit fast vollständig von Silikatfarben und Dispersionsfarben verdrängt. Letztere hatten zumindest früher den Nachteil, dampfsperrend zu sein, so daß häufig Schäden auftraten. Silikatfarben hingegen sind wasserdampfdurchlässig und witterungsbeständig; sie bestehen aus Wasserglas und besitzen mitunter organische Dispersionsanteile. Nachteilig kann sich jedoch auswirken, daß sie kaum wieder entfernt werden können, so daß eine einmal getroffene Farbgestaltung praktisch nicht reversibel ist und nur durch neuerliches Überstreichen verändert werden kann. Eine Naturstein-Sichtigkeit kann jedoch nur mehr durch einen massiven Eingriff, z.B. durch Sandstrahlen, wiederhergestellt werden.

Hydrophobierung

Durch Hydrophobierungsmittel wird die Wasseraufnahme von Natursteinen gesenkt bzw. sogar unterbunden. Chemisch sind Hydrophobierungsmittel siliziumorganische Verbindungen (s. Tab. 2). Für die Wasserabweisung ist der organische Rest verantwortlich. Dieser ist im einfachsten Fall eine Methylgruppe (Methylsilikonharz), bei beständigen Hydrophobierungsmitteln eine höhere Alkylgruppe, z.B. eine Isobutylgruppe oder sogar eine Isooctylgruppe. Der Grund für die höhere Alkylierung der Silikonharze ist die bessere Alkalibeständigkeit, was z.B. bei der

Hydrophobierung von Beton von Bedeutung ist. Im Handel sind entweder vollständig vernetzte Silikonharzprodukte (Polysiloxane) oder auch monomere Silan- oder oligomere Siloxanprodukte, welche erst im Baustoff selbst zu einem Polysiloxan vernetzen. Der durch Hydrolyse abgespaltene Alkohol verdampft. Nachfolgend vernetzen die Einzelmoleküle durch intermolekulare Wasserabspaltung zu einem Silikonharzfilm. Diese Vernetzung kann nun nicht allein zwischen den Si-Atomen des Siloxans erfolgen, sondern auch zu Si-Atomen des Baustoffs. Daher erklärt sich die feste Haftung von Silikonharzen. Es wird ferner dadurch auch eine Orientierung des Silikonharzes im Porenraum erreicht, die so beschaffen ist, daß die unpolaren organischen Reste (Si-R) von der Poreninnenwand weg nach außen gerichtet sind, während die polaren Si-OH-Gruppen des hydrolysierten Siloxans zum Baustoff hinweisen und mit diesem vernetzen. Durch die unpolaren organischen Reste wird der Benetzungswinkel für flüssiges Wasser verändert, so daß es nicht mehr von der Kapillare aufgesogen wird. Die Wasserdampfleitfähigkeit des Porengefüges wird jedoch nur unwesentlich beeinflußt, da die Silikonharzfilme wegen ihrer geringen Dicke nicht hemmend wirken. Durch Hydrophobierungen werden die Wiederverschmutzung und auch sicher die Verwitterungsrate verlangsamt. Bedenklich ist jedoch, wenn Wasser hinter eine hydrophobierte Oberfläche gelangen kann. In Zusammenwirken mit Salzsprengung kann es dann zur Absprengung der hydrophobierten Oberflächenzone kommen, so z.B. an einem Gebäudesockel bei aufsteigender Mauerfeuchte oder bei undichten Fugen. Vor diesen Gefahren kann nicht eindringlich genug gewarnt werden. Auch ist immer zu prüfen, ob das ins Auge gefaßte Mittel bei der betreffenden Steinart tatsächlich wirksam ist.

Acrylharzvolltränkung

Häufig ist man jedoch mit Objekten konfrontiert, deren Schadensausmaß so gravierend ist, daß sie mit einer Kieselsäureesterfestigung, mit Steinergänzungen und mit einer Hydrophobierung nicht mehr sinnvoll erhalten werden können, da das erforderliche Ausmaß der Ausbesserungsarbeiten nichts mehr von der Originalsubstanz zurücklassen würde. Solche Objekte, z.B. Bildstöcke aus grünem Mainsandstein, können mit der Acrylharzvolltränkung dauerhaft konserviert werden. Hierbei wird das vorher getrocknete Objekt in einem Vacuumkessel mit noch nicht vernetztem, monomerem Methylmethacrylat (MMA) getränkt, welches dann unter Überdruckeinwirkung von 10 bar und Temperatursteigerung im Stein zu Polymethylmethacrylat (PMMA) aushärtet. Bei diesem Verfahren werden die Objekte vollständig durchtränkt und alle Poren abgeschlossen, so daß die Wasseraufnahme und Schadstoffaufnahme unterbunden sind. Allerdings müssen die Objekte transportabel sein, denn die Tränkung kann nur in einer besonderen Vacuum-Druckkammer durchgeführt werden. Äußerlich ist eine solche Acrylharzvolltränkung nicht zu erkennen.

Zusammenfassung

Vergleicht man die Konservierungsmöglichkeiten für die verschiedenen Gesteinsarten, so kann man feststellen, daß die Möglichkeiten bei Sandsteinen noch am besten sind. Probleme bereiten insbesondere dichte Kalksteine und Marmore.

Hier greift die Zerstörung den besser wegsamen Bereichen folgend entlang von Korngrenzen an, so daß größere Knollen (Adneter Rotmarmor), Calcitgries (zuckerkörnige Verwitterung bei Marmor) oder auch durch Gips versprödete Schalen (Rosenheimer Granitmarmor) abgesprengt werden. Ähnlich verhält es sich mit magmatischen und metamorphen Gesteinen; nur sind diese höchst selten zu Bildwerken verarbeitet worden, so daß sich glücklicherweise kaum restauratorische Probleme stellen.

Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß auch in Zukunft noch große Bemühungen erforderlich sind, die Gesteinskonservierung voranzutreiben, damit der fortlaufenden Zerstörung Einhalt geboten werden kann.

Literatur

SNETHLAGE, R. & ARENDT, D. (1981): Steinreinigung. – Arbeitsblatt des Bayer. Landesamtes für Denkmalpflege Nr. 23, 1981.

SNETHLAGE, R. (1983): Sandsteinkonservierung. – Habilitationsschrift Fachbereich Geowiss. Univ. München, 1983.

Tabelle 1: Reinigungs-Empfehlungen (aus SNETHLAGE & ARENDT 1981)

		W	Wp	Wd	Ss	S	L	Sp	P	N
Sandsteine	kieselig	±	+	+	–	–	–	–	+	+
	kalkig	±	±	+	–	–	–	–	+	±
	tonig	±	±	+	–	–	–	–	+	±
Kalksteine	saugfähig, weich	±	±	+	–	–	–	–	±	±
	grobporig	+	±	+	±	–	–	–	±	±
	grobporig, poliert	+	±	+	–	–	–	–	±	±
	dicht	+	±	+	±	–	–	±	+	±
	dicht, poliert	+	±	+	–	–	–	±	+	±
Magmatische Gesteine										
Granit, Diorit, nicht poliert		+	±	+	±	–	–	±	+	–
Syenit, Labradorit, etc. poliert		+	±	+	–	–	–	±	+	–
Tuff		±	±	+	–	–	–	±	+	+
Metamorphe Gesteine										
Kristalliner Marmor, nicht poliert		+	±	+	–	–	–	±	+	–
	poliert	+	±	+	–	–	–	±	+	–
Kristalliner Schiefer, nicht poliert		±	±	+	±	–	–	±	±	–
Phyllit, Serpentinit, etc.	poliert	±	±	+	–	–	–	±	+	–
Ziegel	unglasiert	±	±	+	–	–	–	–	+	+
	glasiert	±	±	+	–	–	–	±	+	–
Kalksandstein		±	±	+	–	–	–	–	±	+
Klinker		±	+	+	–	–	–	±	+	–
Anstrichsysteme	Kalkfarbe	±	–	–	–	–	–	–	±	±
	Silikatfarbe	±	–	–	–	–	–	–	±	±
	Ölfarbe	±	±	+	–	–	–	–	±	+

Unter Berücksichtigung des vorliegenden Verschmutzungs-Zustandes, des zu erwartenden Reinigungserfolges, der ökonomischen Handhabung und der möglichen Langzeitrisiken:

+ empfohlen: Guter Reinigungserfolg, geringer Substanzverlust, geringe Landzeitrisiken

– nicht empfohlen: Beträchtliche Landzeitrisiken, großer Substanzverlust, mangelnde Wirksamkeit

± vertretbar, möglich: Aus ökonomischen Gründen vertretbar, geringer Substanzverlust möglich bei gutem Reinigungserfolg, Wirksamkeit von Fall zu Fall fraglich, Risiken kalkulierbar

W Kaltwasserreinigung, drucklos (Rieselverfahren)
Wp Druckwasserreinigung, kalt und heiß
Wd Dampfstrahlreinigung
Ss Sandstrahlen
S Säurereinigung
L Laugenreinigung
Sp Seifenpaste
P Reinigungspaste, insbes. Complexonpaste
N Nachbehandlung, Hydrophobierung

Tabelle 2: Materialien zur Steinkonservierung
Geschichtlicher Überblick (aus SNETHLAGE 1983)

Mittel		Wirkungsweise	Risiken
Leim	Knochenleim Mehlleim tierische Eingeweide	Antrocknung	Wasserlöslich Filmbildung Eindringtiefe
Wachse	nat. u. synth. Paraffine Bienenwachs	Antrocknung	Eindringtiefe Filmbildung Klebrigkeit Alterung
Öle	Leinöl Mohnöl	Verharzung	Eindringtiefe Versprödung Vergilbung
Kalksinterwasser		Chemische Ausfällung $Ca(OH)_2+CO_2 \rightarrow CaCO_3+H_2O$	gelöste Menge nur o. 18 g $Ca(OH)_2$/l Vergrauung Krustenbildung Durchfeuchtung
Wasserglas		$K_2O \cdot (SiO_2)_x$ $+ CO_2 \rightarrow xSiO_{2,aq}$ $+ K_2Co_3$ Abscheidung von Kieselgel	Eindringtiefe Versalzung
Fluate Mg, Zn-Fluate		Chemische Ausfällung $2\ CaCO_3+MgSiF_6 \rightarrow$ $2\ CaF_2+MgF_2+SiO_2+2\ CO_2$	Vergrauung Eindringtiefe Krustenbildung
Barytwasser		Chemische Ausfällung $Ba(OH)_2+CO_2 \rightarrow BaCO_3+H_2O$	Vergrauung Krustenbildung
Organische Harze			
Acrylharze (entwickelt ca. 1912)		Lösungsmittelsystem: Antrockung Reaktives System: Polymerisation	Glanz Porenverschluß nahe Oberfläche Eindringtiefe Sonderverfahren ‚Acrylharzvolltränkung' völlige Porenausfüllung
Polyesterharze (entwickelt 1932)		Reaktives System Polymerisation	Glanz Porenverschluß Eindringtiefe Versprödung
Polyurethanharz (entwickelt 1937)		Reaktives System Polymerisation	Glanz Porenverschluß Eindringtiefe Versprödung
Epoxidharz (entwickelt 1948)		Reaktives System Polymerisation	Glanz Porenverschluß Eindringtiefe Vergilbung

Tabelle 2 (Fortsetzung)

Mittel	Wirkungsweise	Risiken
Siliziumorganische Verbindungen		
Kieselsäureester	Hydrolyse + Polykondensation	Schrumpfung bei Entwässerung des Kieselgels
Anwendung erstmals ca. 1920	Abscheidung von Kieselgel $Si(OR)_4+4\ HOH \rightarrow Si(OH)_4+4\ ROH$ $Si(OH)_4 \rightarrow SiO_{2,aq}+2\ H_2O$	Verarbeitung
Silikonate	Hydrolyse + Polykondensation Abscheidung von Silikonharzfilm $n\ R\text{-}Si(OH)_2OK+nH_2CO_3 \rightarrow (R\text{-}Si\text{-}O)n + nH_2O+nK_2CO_3$ Silikonzharz	Nebenreaktion mit Ca Salzbildung
Silane	monomer bzw. oligomer	
Siloxane	Hydrolyse + Polykondensation $nR\text{-}Si(OR)_3+nH_2O \rightarrow (R\text{-}Si\text{-}O)_n +nROH+nH_2O$	Verarbeitung
Silikonharze	gelöstes Silikonharz Antrocknung	Verarbeitung

Tabelle 3: Wassertransporteigenschaften einiger Sandsteine und Kalksteine

Steinsorte	Rohdichte g/cm³	Reindichte g/cm³	Wasser-zugängl. Porosität Vol%	Wasseraufnahme Normaldruck 24h Gew%	Wasseraufnahme Vacuum Gew%	S-Wert	Wasserdampfdiffusions-widerstandszahl μ 0–50% r.F.	50–100% r.F.	Wasseraufnahme-koeffizient A(kg/m²h$^{1/2}$)	Wassereindring-koeffizient B (cm/h$^{1/2}$)
Stubensandstein	2.32	2.59	13.21	3.48	5,79	0.60	48	12	1.1	1.5
Heilgersdorfer Sandstein	1.82	2.60	23.09	7.63	11.51	0.60	–	–	20	10.0
Rauenecker Sandstein	1.99	2.59	25.11	7.03	12.68	0.54	17	11	14	12.7
Neubrunner Sandstein	2.16	2.47	15.67	4.64	7.08	0.65	35	20	4.1	4.8
Udelfanger Sandstein	2.03	2.57	23.0	7.43	11.25	0.65	22	12	15	10.0
Obernkirchener Sandstein	2.12	2.48	16.26	3.42	7.35	0.46	47	20	2.3	2.8
Mooser Muschelkalk	2.42	2.60	8.35	1.64	3.36	0.48	75	26	0.3	0.5
Crailsheimer Muschelkalk	2.19	2.61	12.92	2.17	5.47	0.39	94	61	2.0	3.5
Bucher Sandstein	1.97	2.51	21.4	6.6	10.2	0.64	20	11	20	ca. 10

Tabelle 4: Rohdichte ρ^+, Wärmespeicherkapazität S, Wärmeleitfähigkeit λ^+, Wärmeeindringzahl b und Temperaturleitfähigkeit k einiger Sand- und Kalksteine; $^+$: Meßwerte der LGA Würzburg

	ρ(kg/m^3)	S (kcal/m^3)	λ (kcal/h m K)	b (kcal/m^2 K h$^{1/2}$)	k (m^2/h)
Stubensandstein	1960–1970	340	1.10	19.4	3.19 x 10-3
Rauenecker Sandstein	1990	350	1.83	25.3	5.22 x 10^{-3}
Neubrunner Sandstein	2170–2240	380	1.46	23.8	3.76 x 10^{-3}
Udelfanger Sandstein	2180	360	1.41	23.2	3.71 x 10^{-3}
Obernkirchener Sandstein	2170	370	2.03	27.8	5.33 x 10^{-3}
Bucher Sandstein	1920–1970	320	1.27	20.9	3.70 x 10^{-3}
Albersdorfer Sandstein	2010	350	1.43	22.5	4.05 x 10^{-3}
Mooser Muschelkalk	2450–2490	470	1.43	26.1	3.0 x 10^{-3}
Crailsheimer Muschelkalk	2300	430	1.34	24.6	3.0 x 10^{-3}

Beilage 1 zu Geologica Bavarica 86

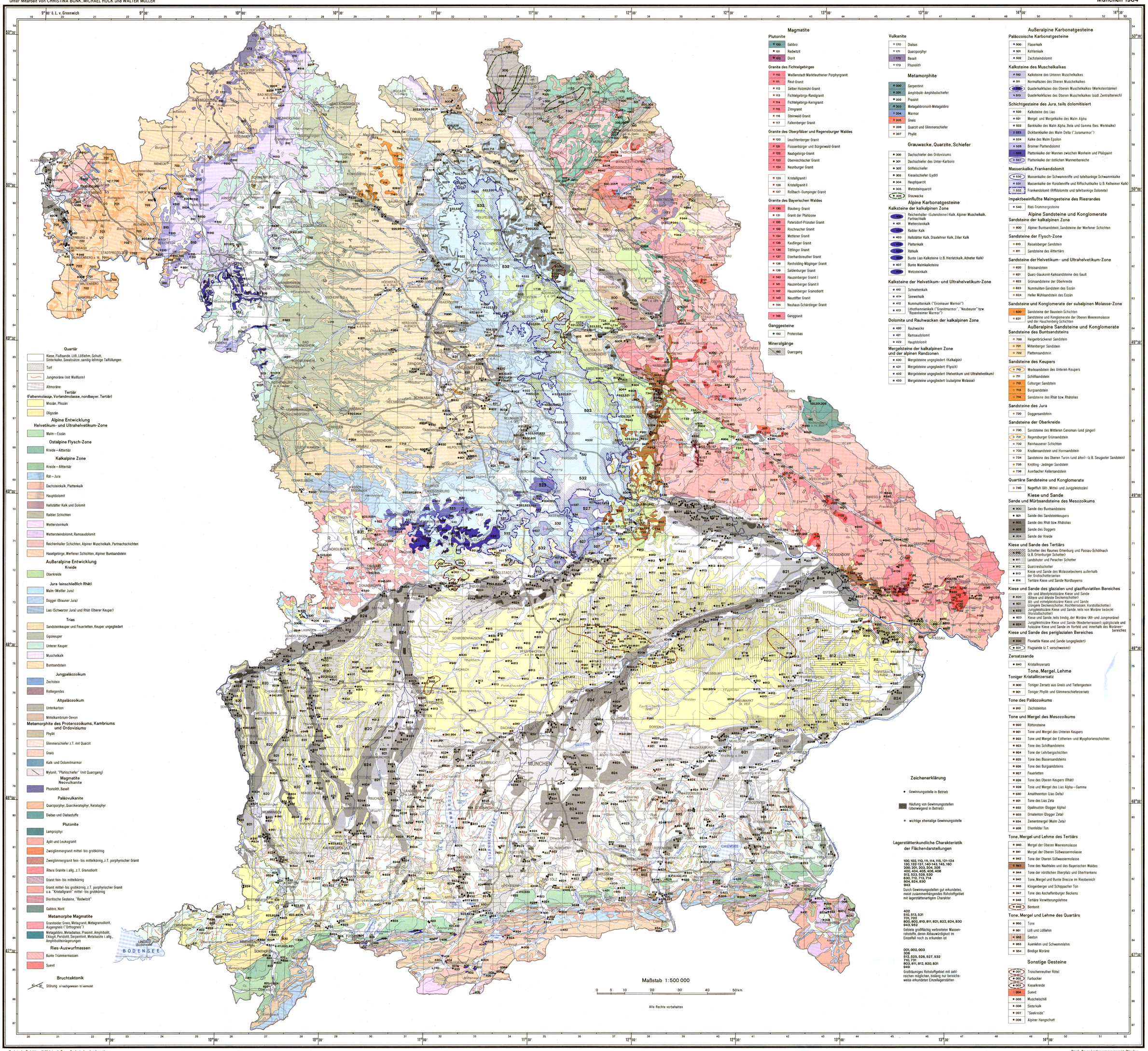
KARTE DER OBERFLÄCHENNAHEN MINERALISCHEN ROHSTOFFE VON BAYERN 1:500 000

LAGERSTÄTTEN UND HAUPTVERBREITUNGSGEBIETE DER STEINE UND ERDEN

Bearbeitet von HERMANN WEINIG, ALBERT DOBNER, ULRICH LAGALLY, WALTER STEPHAN, REINHARD STREIT, WINFRIED WEINELT, unter Mitarbeit von CHRISTINA BONK, MICHAEL HÖCK und WALTER MÜLLER

Herausgegeben vom Bayerischen Geologischen Landesamt

München 1984



Technische Redaktion: K. Wolniczak, Bayer. Geologisches Landesamt
Kartographie: A. Märtel, Bayer. Geologisches Landesamt

Geol.Kt. Bayern 1:500 000 | Steine und Erden | München 1984

Druck: Bayer. Landesvermessungsamt, München

Zusammenstellung der wichtigsten farbgebenden Bestandteile bayerischer keramischer Rohstoffe und deren Brennfarben
Farbkennzeichnung nach der Karte der CEC (Fédération Européenne des Fabricants de Carreaux Céramiques)

Nr.	Gestein bzw. Formation	Ort	Brenntemperatur (oxidierende Atmosphäre)	Fe_2O_3	TiO_2	$CaCO_3$	$MgCO_3$	Brennfarbe	Nr.
1	Tertiärton	Steinmühle	1000° C	1,27 %	2,67 %	Karbonat < 0,5 %		E 1	1
2	Tertiärton	Steinmühle	1100° C	1,27 %	2,67 %	Karbonat < 0,5 %		E 3	2
3	Tertiärton	Tittling	1000° C	6,28 %	2,23 %	Karbonat < 0,5 %		E 5	3
4	Tertiärton	Zeitlarn	1000° C	4,36 %	1,37 %	Karbonat < 0,5 %		E 5	4
5	Tertiärton	Zeitlarn	1100° C	4,36 %	1,37 %	Karbonat < 0,5 %		D 7	5
6	Tertiärton	Zeitlarn	1200° C	4,36 %	1,37 %	Karbonat < 0,5 %		C 9	6
7	Tertiärton	Klingenberg	1000° C	3,19 %	1,51 %	Karbonat < 0,5 %		D 4	7
8	Tertiärton	Klingenberg	1100° C	3,19 %	1,51 %	Karbonat < 0,5 %		C 7	8
9	Rhätton	Großbellnhofen	1000° C	3,57 %	1,35 %	Karbonat < 0,5 %		D 6	9
10	Rhätton	Pechgraben	1000° C	4,20 %	1,77 %	Karbonat < 0,5 %		D 5	10
11	Rhätton	Pechgraben	1100° C	4,20 %	1,77 %	Karbonat < 0,5 %		D 8	11
12	Bunte Breccie	Donauwörth	1000° C	7,21 %	1,08 %	Karbonat < 0,5 %		E 10	12
13	Tertiärton	Passau	1000° C	5,32 %	1,03 %	Karbonat < 0,5 %		E 9	13
14	Tertiärton	Passau	1100° C	5,32 %	1,03 %	Karbonat < 0,5 %		F 10	14
15	Tertiärton	Passau	1200° C	5,32 %	1,03 %	Karbonat < 0,5 %		F 12	15
16	Lößlehm	Kraiburg	1000° C	7,26 %	0,96 %	Karbonat < 0,5 %		E 10	16
17	Lößlehm	Kraiburg	1100° C	7,26 %	0,96 %	Karbonat < 0,5 %		F 12	17
18	Lößlehm	Kraiburg	1200° C	7,26 %	0,96 %	Karbonat < 0,5 %		H 11	18
19	Seeton	Kolbermoor	1000° C	7,35 %	0,77 %	18,00 %	5,50 %	D 5	19
20	Auenlehm	Rosenheim	1000° C	5,90 %	0,62 %	3,80 %	1,60 %	F 10	20
21	Granitzersatz	Tittling	1000° C	7,38 %	1,15 %	Karbonat < 0,5 %		F 10	21
22	Blättermergel (OMM)	Höhenmühle	1000° C	4,94 %	0,57 %	24,46 %	2,15 %	D 9	22
23	Tertiärmergel (OSM)	Schwabmünchen	1000° C	6,80 %	0,80 %	8,92 %	4,37 %	E 10	23
24	Tertiärmergel (OSM)	Kronburg	1000° C	4,32 %	0,54 %	33,28 %	6,84 %	D 5	24
25	Dogger α	Hetzles	1000° C	6,64 %	1,07 %	7,80 %	2,80 %	D 11	25
26	Lias δ	Unterstürmig	1000° C	7,09 %	1,03 %	1,80 %	0,20 %	E 9	26
27	Lehrbergschichten	Coburg	1000° C	6,51 %	0,80 %	Karbonat < 0,5 %		F 11	27
28	Röttone	Neustadt/Saale	1000° C	7,50 %	0,74 %	2,95 %	1,70 %	F 11	28
29	Zechstein	Geiselbach	1000° C	9,46 %	0,86 %	Karbonat < 0,5 %		F 11	29
30	Burgsandstein	Bamberg	1000° C	7,83 %	0,81 %	Karbonat < 0,5 %		H 9	30