

MITTEILUNGEN
DER
GEOLOGISCHEN GESELLSCHAFT
IN WIEN.

X. Jahrgang 1917.

Heft 1 und 2.

Die Oligozänablagerungen Oberbayerns.

Von Dr. K. A. Weithofer.

(Mit zwei Tafeln [I. II.] und einer Figur im Text.)

A. Historischer Überblick.

Ein lebhafter Bergbau hat das oligozäne Molasseland am Nordfuße der bayerischen Alpen zwischen Inn und Lech in ausgedehnter Weise aufgeschlossen und einen weitgehenden Einblick in Schichtenfolge und Aufbau des Gebirges gewährt. Wieviel man hiebei dem Bergbau zu verdanken hat, lehrt gerade diese genaue Bekanntschaft mit dem Schichtenbau in diesem seinen Arbeitsgebiet zwischen den genannten Alpenflüssen gegenüber dem unsicheren Herumtasten des Geologen östlich und westlich davon.

Die bergmännischen Arbeiten sind hier schon ziemlich alt. Bis vor 1600 reichen sie zurück; doch konnte sich der Bergbau früher nirgends zu irgend einer nachhaltigen Bedeutung erheben.¹⁾

¹⁾ Chr. Schmitz teilt in einer Abhandlung »Beiträge zur Geschichte des Bergbaues auf Braun- und Steinkohlen im Königreiche Bayern« (Kunst- und Gewerbeblatt, München 1840, S. 4) mit, daß bereits im Jahre 1594 Kaspar Heigl aus Tölz und Hans Meier von Augsburg mit Erlaubnis Herzog Wilhelms V. am Hohen Peissenberg und in den Gerichten Tölz und Schongau einen nicht unbedeutenden Bergbau auf »Kohlensteinerz« betrieben haben. »Kohlensteinerz« wurde die Kohle damals aus fiskalischen Gründen genannt, um sie »desto mehr als Gegenstand des hohen Bergregales bezeichnen« zu können. Im Jahre 1598 erhielt dann auch Georg Stangl aus Sachsen vom Kurfürst Maximilian I. ein 25jähriges Privilegium auf die Gewinnung von Steinkohlen in Ober- und Niederbayern und eröffnete mit dem genannten Meier eine Kohlengrube bei Peiting (bei Schongau), von wo sie in einem Jahre 4000 Metzen (zu 0,37 hl) Kohle an die »Feuerarbeiter« nach Augsburg absetzen. Der 30jährige Krieg brachte auch diese Bergbaue zum Erliegen und erst 1763 wurde der Bau auf Kohle bei Miesbach und am Buchberg bei Benediktbeuern wieder aufgenommen. Aber auch dieser

Als erster wohl berichtet, allerdings bloß über die bis dahin gebauten oder untersuchten Flöze, etwas ausführlicher

kam gegen den niederen Holzpreis nicht auf. Anderswo, klagt Flur resigniert, benützt und schätzt man dieses Fossil »und beschäftigt damit manchmal 1000 Hände, und bei uns — gerath nichts«.

Auf Flurs Antrag nahm dann die »Oberländische Steinkohlen-gewerkschaft« 1796 mit Unterstützung der Regierung und unter großen Hoffnungen in Penzberg, Rimseirain und am Hohen Peissenberge den Betrieb wieder auf, jedoch mit dem gleichen ungünstigen Resultate, so daß sie sich nach stetem Siechtum 1806 wieder auflöste.

1828 eröffnete Freiherr von Eichthal bei Penzberg eine Grube, deren Kohle er zur Gasbeleuchtung in München verwenden wollte. 1836 bildete sich aus der Mitte des Polytechnischen Vereines in München eine Aktiengesellschaft für das bisher noch nicht durchschürzte Gebiet zwischen Inn und Salzach und 1837 nahm das kgl. Bergärar den ins Freie gefallenen Bergbau am Hohen Peissenberge wieder auf. Im gleichem Jahre wurde der Kaufmann Karlinger in Miesbach mit einem Kohlenflöz im Sulzgraben belehnt; allein auch hier, wie überall, standen die verhältnismäßig hohen-Selbstkosten dieses Brennmateriales gegenüber den niederen Holzpreisen dessen allgemeiner Einführung im Wege.

Eine einschneidende Wandlung in den Besitzverhältnissen der Kohlenfelder brachte die Jahrhundertmitte, indem 1847 ein Privilegium zum Kohlenbergbau für das Gebiet zwischen Miesbach und Au an R. von Stegmayer erteilt wurde, welches Reservatfeld dann 1858 durch ein weiteres westlich davon bis zum Mangfall erweitert wurde. 1850 erhielt ein gleiches Privilegium für das Penzberger Feld Freiherr von Eichthal und 1859 für das Feld zwischen der Isar und der Mangfall eine eigens hierzu gegründete Gesellschaft, nachdem auch das kgl. Bergärar das Peissenberger Grubenfeld und ein kleineres bei Miesbach zuvor sich zuweisen ließ. Das letztere ging jedoch schon 1857 an Stegmayer und an die 1859 für dessen Reservatfeld gegründete Miesbacher Steinkohlengewerkschaft über, die dann weiter 1869 auch das Penzberger Feld dazu erwarb, im Jahre darauf sich in die Oberbayerische Aktiengesellschaft für Kohlenbergbau umwandelte und schließlich 1873 auch noch das Feld zwischen der Isar und der Mangfall käuflich an sich brachte.

Von drei kleinen Grubenfeldern abgesehen, teilen sich nunmehr daher obige Aktiengesellschaft und der bayerische Staat in den Besitz der oberbayerischen Kohlenfelder.

Die Schwierigkeit der Abförderung wurde durch die Ende der Sechzigerjahre gebauten Bahnen von Holzkirchen nach Miesbach und Hausham, sowie von Starnberg über Tutzing nach Penzberg und Peissenberg Abhilfe geschaffen. Für die früheren Abfuhrverhältnisse interessant ist die von L. Hertle (Bayer. Ind.- und Gewerbeblatt, München 1894, Nr. 5, 6, 7) mitgeteilte Tatsache, »daß die in der ersten Hälfte der Fünfzigerjahre bei Au und in der Leizach gewonnenen Kohlen ausschließlich auf der Achse nach Rosenheim verfrachtet und von da auf sogenannten Tiroler Platten

im Jahre 1792 M. Flurl²⁾), der Kohlenvorkommen bei Peissenberg, Peutingen (Peiting), Steingaden, Achelsbach (Echelsbach) an der Ammer, Spensberg (Penzberg), Puchberg (Buchberg) bei Tölz, Gmünd (am Tegernsee) und besonders bei Miesbach (S. 102) erwähnt. Vor allem an letzterem Orte scheint ihm eine „unerschöpfliche Niederlage von Steinkohlen vorhanden zu sein“, eingelagert in Mergel-, Ton- und Stinksteinflözen, welche sehr niedliche Bouccarditen oder Herzmuscheln, Battiten und Terebratuliten“ führen; ein Mergelflöz an der Schlierach ist „mit Strombiten sehr gleichförmig übersät“, anderweitig trifft man wieder „ganze Zusammenhäufungen von Muskuliten und Terebratuliten im verhärteten Mergel an, wo sich wieder keine Spur von Strombiten findet“.

Weitere Untersuchungen dieser Kohlenvorkommen führen ihn dann 1805 zu dem geologischen Ergebnisse³⁾), daß die Steinkohlen in Oberbayern in „zweierlei Gebirgsformationen“ auftreten, „die erste bildet die etwas tiefer gelegenen Berge, wovon die vorwaltende Bergmasse Mergel ist, die zweite kommt gewöhnlich in schon etwas höher gelegenen Gegenden vor, zu deren Hauptgebirgsmasse Sandstein angenommen werden kann. Zu der ersten gehören die Steinkohlenflöze von Rimselrain, Penzberg, Miesbach und selbst noch jene am Hohenpeissenberg; zur zweiten die Steinkohlen bei Gmünd im Tegernseeischen, jene am Buchberg und Stahlaweyer (= Stallauer Weiher) bei Tölz, die am Weilerberg (= Berg bei Groß-

inn- und donauabwärts bis Wien geflößt wurden, wo sie bei der österreichischen Donau-Dampfschiffahrts-Gesellschaft und am Wiener Platze Verwendung gefunden haben. Noch im Jahre 1857 gingen auf diese Art 450.000 Zentner (zu 50 Kilogramm) donauabwärts bis Wien, während 30.000 Zentner auf der Achse bis Holzkirchen verfrachtet und von da per Bahn nach München und Umgebung abgesetzt wurden. Im Jahre 1864 betrug der Münchener Absatz an Miesbacher Kohlen bereits 230.000 Zentner und der für ganz Bayern über 600.000 Zentner; im Jahre 1867 erreichte er die erste Million, um von da ab fortgesetzt zu steigen.“

1913 betrug die Förderung der Oberbayerischen Aktiengesellschaft aus ihren Haushamer und Penzberger Grubenanlagen 6,402.000 Doppelzentner (zu 100 Kilogramm) und des staatlichen Werkes Peissenberg 2,628.000 Doppelzentner.

²⁾ M. Flurl, Beschreibung der Gebirge von Bayern und der oberen Pfalz. München 1792.

und Klein-Weil), jene bei Murnau und am Staffelsee, bei Achselspach an der Ammer und die bei Hirschau am Lech.“

Es ist unschwer, hierin schon eine erste geologische Scheidung, und zwar in ersterer Gruppe den jüngeren Flöz-zug Au—Miesbach—Penzberg—Peissenberg, in letzterer den älteren nahe oder in der Bausteinzone an der unteren Grenze der Cyrenenschichten zu erkennen, zumal er später (S. 27) ausdrücklich von den begleitenden Konglomeraten und Sandsteinen spricht.

Auch Fr. Schrank⁴⁾ erwähnt in der Beschreibung einer im Jahre 1788 unternommenen Reise Steinkohlen von Eurasburg, die aber nichts „weiter als Geschiebe seien“ (S. 30), aus dem Mangfalltal bei Gmünd, sowie besonders jene von Miesbach (S. 257). Auch nach seiner Ansicht ist das Vorkommen hier sehr reich. Er beschreibt von hier „Schraubenschnecken (*Strombus*)“, jedenfalls das *Cerithium margaritaceum*, „längsgestreifte Gienmuscheln (*Chama*)“, wahrscheinlich unsere *Cyrena semistriata*, sowie eine „Klaßmuschel (*Mya*)“, wahrscheinlich ein *Unio*.

Kurze Erwähnungen unserer Molasse bei L. v. Buch⁵⁾, Murchison⁶⁾ u. a. aus dem Anfang dieses Jahrhunderts bringen nichts von Bedeutung.

Mit dem lebhafter einsetzenden Bergbau gegen die Mitte des 19. Jahrhunderts mehren sich auch die Studien, die die Erkenntnis der geologischen Verhältnisse nunmehr rasch fördern.

Im Jahre 1846 und 1848 veröffentlichte Schafhäutl⁷⁾ zwei Aufsätze, in denen mit der richtigen Bestimmung der wichtigsten vorkommenden Fossilien (*Cerithium margarita-*

⁴⁾ M. Flurl, Ueber die Gebirgsformationen in den dermaligen Churfürstlich-bayerischen Staaten. München 1805, S. 22.

⁵⁾ Fr. Schrank, Reise nach den südlichen Gebirgen von Bayern usw. München 1793.

⁶⁾ L. v. Buch, Einige Bemerkungen über die Alpen in Baiern. Abh. d. kgl. Akad. d. Wiss. Berlin. Aus dem Jahre 1828. Berlin 1831, S. 77.

⁷⁾ Sedgwick und Murchison, Proc. geol. Soc. London 1829, S. 155. Nach N. Jahrb. f. M. 1831, S. 109.

⁷⁾ Schafhäutl, Beiträge zur näheren Kenntnis der bayerischen Vor-alpen. Neues Jahrb. f. Min. 1846, S. 641, und: Über die tertiären Kohlen-ablagerungen in Bayern. Ebenda 1848, S. 641.

ceum, Cyrena subarata [= *Cyrena semistriata*] und *striatula*, *Unio flabellatus*, *Pholadomyia Puschi*⁸⁾ u. a. unsere kohleführenden Schichten der miozänen Formation Lyells zugeteilt werden.⁹⁾

Bemerkenswert ist wohl nur noch der vollständig aus dem Bilde fallende Versuch, die Kohlenflöze der Hochplatte (bei Ammerwald an der Tiroler Grenze!) mit jenen von Peissenberg durch irgendeinen abenteuerlichen tektonischen Vorgang in Verbindung zu bringen.

Ein Bericht A. Emmerichs¹⁰⁾ aus dem Jahre 1851, hauptsächlich über die Vorkommen östlich des Inn, ist bemerkenswert, da er, entsprechend der Einteilung der Schweizer Molasse nach Escher von der Linth in eine untere Süßwasser-, eine mittlere Meeres- und eine obere Süßwassermolasse auch für die oberbayerische Molasse eine gleiche Einteilung in Anspruch nimmt, und daß er die flözführenden Schichten von Peissenberg als den Nordflügel einer großen Mulde ansieht — also damals bereits richtig! — deren südlicher Schenkel „in den Schweinsbergen und bei Echelsbach nach Süden in die Höhe steigt“ (S. 8).

Inzwischen hatte Fr. Sandberger¹¹⁾ seine vorbildlichen Studien über das Mainzer Becken begonnen und hier, neben der Schweiz, deren Einfluß wir soeben sahen, eine sichere Basis für die Vergleichung gleichalteriger Gebilde geschaffen. Seine zunächst erschienenen „Untersuchungen über das Mainzer Tertiärbecken“ dienten bereits als wirkungsvolle Anhaltspunkte zur Beurteilung des Alters unserer oberbayerischen Schichten. Er selbst stellt dabei aus beiden Gebieten folgende Aequivalente einander gegenüber:

⁸⁾ Letztere aus dem Sulzer Steinbruche am Fuße des Hohen Peissenberges; Promberger Schichten!

⁹⁾ Die Angabe des Textes, daß man es mit den pliozänen und miozänen Formationen Lyells zu tun hat, scheint durch die dortige Anmerkung, wenigstens unsere kohleführenden Schichten betreffend, wieder aufgehoben zu sein.

¹⁰⁾ A. Emmerich, Geognostische Beobachtungen aus den östlichen bayerischen und den angrenzenden österreichischen Alpen. Jahrb. d. k. k. Geol. Reichsanst. Bd. II, 1851, S. 1.

¹¹⁾ Zunächst: Fr. Sandberger, Untersuchungen über das Mainzer Tertiärbecken. 1853.

Mainzer Becken

- 2 b, Septarienton, marin.
- 2 a, Cyrenenmergel, brackisch.
- 1. Meeressand von Weinheim.

Bayern

- 2. Cyrenenmergel von Miesbach und Bad Sulz, brackisch.
- 1. Mariner Sandstein von Bad Sulz mit *Ostrea longirostris*.

Eine Fortsetzung seiner Untersuchungen in der oberbayerischen Molasse führte 1854 Schafhäutl¹²⁾ in einigem Gegensatze zu Emmerich dazu, daß die scharfe Einteilung der Schweizer Molasse nach Escher von der Linth in eine unterste Region als ein Meeresgebilde, eine mittlere Region als ein Süßwassergebilde und eine oberste Region wieder als ein Meeresgebilde (S. 517) sich nach ihm in Bayern nicht gut durchführen lasse, da hier die eigentliche Molasse nur Meerestiere enthält und in den braunkohleführenden Schichten neben Süßwasser- und Brackwasserfossilien sich auch solche beisammen finden, die nur im Meere leben. Aus den liegendsten Schichten führt er dabei auch eine dickschalige *Cyprina Morrisi* (wohl unsere für die untere Meeresmolasse so charakteristische *Cyprina rotundata*) an.

Wie schon an früherer Stelle betont er, gleichfalls im Gegensatz zu Emmerich, auch hier, daß die Kohlenflöze nicht in Becken abgelagert seien, sondern fast überall und stets steil gegen Süden einschießen, ohne in der Tiefe ihren Einfallswinkel zu ändern.

Noch viel schärfer ausgearbeitet finden wir Emmerichs grundlegende Anschaunungen in zwei im gleichen und im folgenden Jahre veröffentlichten Aufsätzen.¹³⁾ Darnach steht ihm fest, daß „die Molasse in Südbayern mit einer unteren marinen Stufe beginnt, und daß über dieser als jüngere Bildung die Cyrenenschichten folgen“. Zwischen beiden liegt eine Sandstein- und konglomeratreiche Übergangszone, von der er nicht sicher weiß, ob sie zu ersterer oder zu letzterer zu zählen sei.

Die Schichten des Sulzer Steinbruches bei Peissenberg hält er als Folge seiner 1851 geäußerten Ansicht über die

¹²⁾ Schafhäutl, Beiträge zur näheren Kenntnis der bayerischen Voralpen (Fortsetzung). Neues Jahrb. f. Min. 1854, S. 518.

¹³⁾ H. Emmerich, Beiträge zur Kenntnis der südbayerischen Molasse. Jahrb. d. k. k. Geol. Reichsanst. Bd. VI. 1855, S. 433. — Derselbe: Brief an Beyrich, in der Zeitschr. d. Deutsch. Geol. Ges. Bd. VI, 1854, S. 668.

tektonischen Verhältnisse der Peissenberger Ablagerungen gleich wie Sandberger für das Liegende der kohleführenden Schichten. Es ist daher von Interesse, wie sich hier bereits 1855 Richtiges und Irrtümliches durcheinandermengt, wie beides aber, im Gegensatz zu Gumbel, auf richtiger Beobachtung sich aufbaut.

Nach dem Wortlaut des 1854 erschienenen Briefes an Beyrich scheint er auch den Wiederaufbruch der unteren marinen Molasse im Leizachtale gekannt zu haben. Ueber die jüngsten Glieder der Molasseablagerungen ist er in diesem Jahre „noch nicht im reinen“.

Die Parallelisierung mit den Schweizer Molasseschichten betont er 1855 nochmals nachdrücklich und weist auf der anderen Seite auf gewisse niederösterreichische Vorkommnisse (Horn) mit *Cerithium margaritaceum*, sowie andere (Stockerau) mit der charakteristischen *Halianassa* hin, die Handhaben zu einem direkten Altersvergleich geben können.

Schließlich betont er, daß der Schweizer Muschelsandstein (jüngere Meeresmolasse) vielleicht in der Muschelmolasse des Chiemsees ein Altersäquivalent finden dürfte, ebenso wie die Lager von Ligniten bei Irschenberg jüngeren Gliedern der Molasse zugehören. In beiden ist er daher auf richtiger Fährte.

Sandberger¹⁴⁾ wirft 1856 allerdings irrtümlicherweise die Muschelmolasse des Chiemsees mit der unteren Meeresmolasse des Lochergrabens bei Miesbach und der Gegend südlich von Traunstein wieder zusammen.

Um diese Zeit begann W. Gumbel mit seinen eingehenden Aufnahmen unseres tertiären Alpenvorlandes. Als erstes Ergebnis veröffentlichte er 1858 mit Fr. Sandberger¹⁵⁾ eine Abhandlung über „das Alter der Tertiärgebilde in der oberen Donau-Hochebene am Nordrand der Ostalpen“. Sie unterschieden vor allem, ähnlich wie Emeirich, an der Hand des Leizachtalprofiles zu unterst die untere

¹⁴⁾ Sandberger, Beiträge zur Kenntnis des Mainzer Tertiärbeckens. Neues Jahrb. f. Min. 1856, S. 535.

¹⁵⁾ Fr. Sandberger und W. Gumbel, Das Alter der Tertiärgebilde in der oberen Donau-Hochebene am Nordrande der Ostalpen. Sitzber. d. k. Akad. d. Wiss. Wien, math.-naturwiss. Kl., XXX. Bd., 1858, S. 212.

marine Molasse, dann eine Schichtengruppe mit Sandstein- und Nagelfelsbildungen, weiter die Cyrenenschichten mit Brack- und Süßwasserfossilien, sowie mit Kohlenflözen. Darüber folgen dann durch ganz Bayern parallel dem Alpenrande miozäne Meeresschichten vom Waginger See über den Simsee, Penzberg, Kempten, Harbatshofen bis zum Bodensee, entsprechend der Schweizer Meeresmolasse, und noch weiter nordwärts vorgelagert die Schichten der oberen Süßwassermolasse mit den Braunkohlen von Irrsee. Gegen Osten keilen sich untere Meeresmolasse und Cyrenenschichten ganz aus, und am Högelberg, noch westlich der Salzach, tritt das miozäne Gebilde unmittelbar an den Flysch des Alpenrandes heran.

Bemerkenswerterweise bestehen hier nach ihnen „die höchsten Teile des Hohen Peissenberges aus Nagelfelsschichten von der Art, wie sie im Leizachtal ober Wörmsmühl und an der Ammer oberhalb Echelsbach anstehen“ (S. 218). Sie werden daher der Bausteinzone zwischen der unteren marinen Molasse und den Cyrenenschichten zugeteilt. Wie daher bezüglich der stratigraphischen Gliederung durchaus auf Emmerich gefußt wird, so hält Güm bel hier offenbar auch den Peissenberg, gleichfalls wie Emmerich, noch als den Nordflügel einer südlich davon gelegenen Mulde, die Muschelmolasse des Hohen Peissenberges sogar für ein Äquivalent der Bausteinzone.

Die Altersgleichstellung denken sich die Verfasser in nachfolgender Weise (von unten nach oben):

Siehe Tabelle auf Seite 9.

Eine recht abweichende Meinung äußert Sandberger¹⁶⁾ jedoch einige Jahre später in seinem großen Werk über die Konchylien des Mainzer Tertiärbeckens. Er kommt auf Grund dieser seiner eingehenden Studien zu dem Ergebnis, daß die älteste oligozäne Molasse Oberbayerns sich mit dem Mainzer Becken „keineswegs mehr ohne Schwierigkeiten parallelisieren“ läßt. Es finden sich insbesondere nicht viele der wahren Leitmuscheln des Meeressandes. Vielleicht sei es „daher besser, diese Schichten mit den darüber liegenden

¹⁶⁾ Fr. Sandberger, Die Konchylien des Mainzer Tertiärbeckens. Wiesbaden 1863. S. 426.

		Bayerische Hochebene	Mittelrheinisches Becken	Ostschweiz	Wien	
(Paläum sup.)	Tertiärbildung oligozän	I. Meerische II. Brackische	Cyrenenschichten Pechkohlenflöze fehlt	I. Meeres-sandstein II Cyrenenschichten Land-schnecken-kalk	fehlt fehlt	
miocene	I. untere		I. Meeresbildungen von Kempten, Simsee, Wagingersee	I. Brackische Bildung der Cerithienschichten	Unt. Süßw.-Molasse	I. Schichten von Grund, Loibersdorf, Ottnang, Linz
	II. obere		II. Süßwasserbildung von Irrsee, Irschenberg	II. Brackische Bildung der Litorinellen-Schichten	II. Obere Süßwasser-Molasse	II. Braunkohlenbildung Wildshut, Thomasroith usw.

Cyrenenschichten in einer Abteilung zu vereinigen, als sie mit dem Meeressand zu parallelisieren". Untere Meeresmolasse und Cyrenenmergel Oberbayerns dürften nach ihm daher den Mainzer Cyrenenmergeln entsprechen (S. 437).

Die Ausbeute über den Bau unseres Gebietes ist, wie wir gesehen, bisher sehr gering. Es sind bloß gelegentliche Bemerkungen, daß die südliche Begrenzung gegen die Alpengesteine meist verdeckt, doch aus dem ganz verschiedenen Einfallen auf eine Störung zu schließen ist. Auch Escher von der Linth¹⁷⁾ weist bereits 1845 darauf hin, doch auch auf eine Stelle am Grünten, wo schon Studer die Auflagerung der Molasse auf das Kreidegebirge beobachtet hätte. Sonstige Andeutungen wurden bereits im vorangehenden angeführt.

Die Ergebnisse seiner Aufnahmsarbeiten hat Gümbel 1861 zunächst in eingehender Weise in seiner „Geognostischen Beschreibung des bayerischen Alpengebirges“ zusammengefaßt.¹⁸⁾ Gegenüber dem Jahre 1858 findet sich hier nur

¹⁷⁾ Escher von der Linth, Beiträge zur Kenntnis der Tiroler und bayerischen Alpen. Neues Jahrb. f. Min. 1845, S. 536.

¹⁸⁾ C. W. Gümbel, Geognostische Beschreibung des bayerischen Alpengebirges und seines Vorlandes. Gotha 1861.

Wegen der weiteren geschichtlichen Darstellung vergleiche auch des Verfassers mehrfach eingehendere Zusammenstellung „Die Entwicklung der

mittten in den Cyrenenschichten die „bunte Molasse“ eingeschoben und die ältere (oligozäne) Molasse der jüngeren (miozänen) schärfer gegenübergestellt. Die zwei hiebei gleichfalls eingeschalteten „Blättermolasse“-Horizonte sind dagegen untergeordneter Natur.

Er gliedert unsere Schichten daher nunmehr in nachfolgender Weise:

Jüngere Molasse (Neogen)	8. Obere Süßwassermolasse,
	7. Obere Meeressmolasse (subalpine Meeressmolasse, Muschelsandstein),
Ältere Molasse (Oligozän)	6. Graue Blättermolasse (untere Süßwassermolasse z. T.)
	5. Obere Cyrenen- und Pechkohlenschichten,
	4. Untere bunte (Süßwasser-)Molasse,
	3. Untere Cyrenen- und Pechkohlenschichten,
	2. Untere Blättermolasse,
	1. Älteste Meeresschichten,

Die älteste Meeressmolasse entspricht nach ihm dem Meeressand von Weinheim und Fontainebleau, sowie dem Ralligensandstein am Thunersee, also dem Tongrien. Sie tritt am Südrand der oligozänen Molasse zutage, jedoch glaubt er auch, gestützt auf paläontologische wie petrographische Verhältnisse, Grund zur Annahme eines nördlichen sattelförmigen Aufbruches derselben im Gebiete der bunten Molasse bei Lechbrück, Steingaden, Echelsbach und im Höllgraben bei Habach zu haben.

Die unteren und oberen Cyrenenschichten erklärt er, „da beide keine wesentlichen paläontologischen Verschiedenheiten erkennen lassen, samt der zwischenliegenden bunten Molasse“ für oberoligozän und setzt sie den Mainzer Cyrenenmergeln, der Schweizer unteren Braunkohlenbildung (Monod), also dem Aquitanien, gleich.

Die untere bunte Molasse bezeichnet er einsteils als Ablagerung aus einem „tiefgründigen Meeresteil“ (S. 684), andernfalls wieder als eine Süßwasserbildung (S. 689), zumal sie nach ihm, wenn auch sparsam, nur Land- und Süßwasserkonchylien führt; sie kommt nur im Westen vor.

„Nirgends dringen die älteren Molasseschichten buchtenartig ins Innere des Alpengebirges ein“; über die Art der Anlagerung spricht er sich jedoch hier nicht genauer aus.

Gegenüber 1858 teilt er die muschelführenden Bänke des Hohen Peissenberges der Schweizer Meeresmolasse, also dem miozänen Muschelkalkstein, zu; er ist sogar nicht abgeneigt, das gleiche auch mit dem Sulzer Steinbruch zu tun, wenn er auch Anklänge an ältere Horizonte in ihm findet (S. 693, 726). Da diese jüngere Meeresmolasse hier aber die Cyrenenschichten unter gleichem südlichen Einfallswinkel unterlagert, sieht er sich veranlaßt, an dieser Stelle eine überkippte Lagerung anzunehmen (Taf. XLI, Abb. 307).

Daß zwischen der unteren Meeresmolasse und dem Flysch „beträchtliche Bewegungen“ stattgefunden haben, die nirgends eine direkte Anlagerung der ersten ersehen lassen, betont er 1887.¹⁹⁾ Hier versucht er auch einer eigentümlichen Auffassung bezüglich der ganzen Molassefrage dadurch Ausdruck zu geben, daß er sie von der unteren Meeresmolasse an aus einem „zwischen Traun und Iller nach der Flyschkatastrophe zurückgebliebenen, nicht tiefen Meerestümpel“ herleitete, „der, wie sich vermuten läßt, westwärts durch eine Barre abgeschlossen war“ (S. 228). „Aus demselben schlug sich zuerst die Schichten der unteren Meeresmolasse nieder. Indem dann das Salzwasser durch einmündende Flüsse nach und nach brackische Beschaffenheit annahm, gelangten in dem seichten, auf große Strecken selbst in Sumpf und Moor übergehenden See die vielfach mit Kohlenflözen und Süßwasserkalkbänken wechselseitig schichtenden Schichten der brackischen Molasse ... zum Absatze, während westwärts von der Barre bereits eine vollständige Aussüßung eingetreten war.“ Diese sozusagen einmalige Füllung des voralpinen Oligozänbeckens mit Meerwasser und seinen Bewohnern ist bei dem späteren vielfachen Wechsel allerdings nicht gut vorstellbar.

Eine neuerliche Zusammenfassung der Ergebnisse seiner inzwischen reichlich vermehrten Studien über die Molasse

¹⁹⁾ C. W. von Gumbel, Die miozänen Ablagerungen im oberen Donaugebiete etc. Sitzber. d. kgl. bayer. Akad. d. Wiss. München, math.-naturwiss. Kl. 1887, S. 227

findet sich 1894 in seiner „Geologie von Bayern“.²⁰⁾ Er läßt hier die obere Meeresmolasse nachdrücklich „in vollständig gleichförmiger Weise“ (S. 326, 330) die Cyrenenschichten überlagern und bekräftigt die überkippte Schichtenfolge am Peissenberge und damit die Auffassung, daß wir hier den Südfügel einer nördlich vorgelagerten Mulde vor uns haben.

Die untere Meeresmolasse entspricht dem Mitteloligozän (S. 33). Sie bricht an mehreren Stellen auch noch im Be- reiche der Cyrenenschichten „sattelförmig“ zutage, so bei Echelsbach im Ammertal, bei der Sulzgrabenemündung im Leizachatal (woher sie Emmerich schon erwähnt) und im Mangfalltale nördlich von Neumühl.²¹⁾ Sie stand mit dem Oberrhein in Verbindung.²²⁾

Die untere bunte Molasse wird diesmal als Süßwasser- bildung, jedoch auch als brackisches Erzeugnis²³⁾ bezeichnet (S. 325); sie ist im Westen herrschend, gegen Osten zu keil- förmig in die Cyrenenschichten eingeschoben, die sie hier daher in eine größere obere und eine schwächere untere Gruppe trennt.

Th. Fuchs²⁴⁾ legt dieser Trennung größere Wichtig- keit bei, indem er nach einem älteren Fossilverzeichnis Gümbeis nur dessen obere Cyrenenschichten seinem echten Aquitanien = Untermiozän (Faluns von Bazas und Mérignac, Molt, Loibersdorf, tiefere Kaltenbachschichten, wahrscheinlich auch Zsiltal) zuteilt, während er die unteren dem wirklichen Oberoligozän (Cassel, *Pectunculus*-Sandstein von Gran u. a.), das in seiner chattischen Stufe, zuweist (S. 173).

²⁰⁾ K. W. von Gumbel, Geologie von Bayern. II. Bd. Cassel 1894. S. 31, 267, 312—346.

²¹⁾ Letzteres Vorkommen gehört allerdings den jüngeren Promberger Schichten an.

²²⁾ A. a. O. S. 33, 268.

²³⁾ Als welches sie später auch Stuchlik (Die Faziesentwicklung der südbayerischen Oligozänmolasse, Jahrb. d. k. k. Geol. Reichsanst., Bd. 56 1906, S. 277) auffaßt.

²⁴⁾ Th. Fuchs, Tertiärfossilien aus den kohlenführenden Miozän- ablagerungen der Umgebung von Krapina und Radoboj und über die Stellung der sogenannten aquitanischen Stufe. Mitteil. aus d. Jahrb. d. kgl. ung. Geol. Anst. X. Bd., Budapest 1894, S. 163.

Auch Oppenheim²⁵⁾ scheint auf diese Zweiteilung Wert zu legen, da er nach seiner Tabelle die älteren Cyrenenschichten sogar dem Mitteloligozän, die bunte Molasse dem Oberoligozän (Chattien nach Fuchs) und die oberen Cyrenenschichten den unteren Schichten von Saucats und Léognan im Becken von Bordeaux gleichstellt. Allerdings fehlt im Text jede Begründung für diese seine abweichende Ansicht.

In einer eigenen Studie über die Fauna des oberbayrischen Oligozäns betont hingegen W. Wolff²⁶⁾, wie schon früher Gumbel, daß paläontologisch die Cyrenenschichten einen durchaus einheitlichen Verband darstellen, der keine weitere Unterteilung zuläßt. Sie gehören nach seinen eingehenden Untersuchungen dem oberen Oligozän an, gleichwie aber auch — im Gegensatze zu Gumbels Ansicht — die untere Meeresmolasse. Die gleiche Ansicht äußerte schon 1863 Sandberger (siehe oben).

Inzwischen war durch Stuchlik²⁷⁾ und Gumbel (Geologie von Bayern, II. Bd.) die Aufmerksamkeit auf mächtige Quarzsande im jüngsten Teile der Cyrenenschichten bei Penzberg und Miesbach gelenkt worden. Da sie auch in Peissenberg auftreten, und zwar gleichfalls in der hangendsten Partie der dortigen Cyrenenschichten, war nach Stuchlik naheliegend, daß die Ablagerungen von Peissenberg keinen überkippten Südflügel, sondern — wie schon Emmerich 1851 ausgeführt hat — einen normal gelagerten Nordflügel bilden.

1899 führte dann der Verfasser²⁸⁾ den Nachweis, daß ober den Cyrenenschichten (also noch ober diesem Quarzsandhorizont), eine ziemlich mächtige Reihe von marinen Schichten auftritt, die Promberger Schichten genannt werden und die in ihrer Fauna mit der der unteren marinen Molasse vollständig übereinstimmen. Die gesamten Oligozänschichten er-

²⁵⁾ P. Oppenheim, Das Alttertiär der Colli Berici etc. Zeitschr. d. Deutsch. Geol. Ges. 1896, S. 27.

²⁶⁾ W. Wolff, Die Fauna der südbayerischen Oligozänmolasse. Palaeontographica. Bd. XLIII, 1897.

²⁷⁾ H. Stuchlik, Geologische Skizze des oberbayerischen Kohlenreviers. Oesterr. Zeitschr. f. Berg- u. Hüttenw., 41. Jahrg., 1893, S. 380.

²⁸⁾ K. A. Weithofer, Zur Kenntnis der oberen Horizonte der oligozänen Brackwassermolasse Oberbayerns usw. Verhandl. d. k. k. Geol. Reichsanst. Wien 1899, S. 269.

weisen sich dadurch mehr denn je als ein einheitlicher Schichtenverband; die Cyrenenschichten stellen hier eigentlich nur eine Einschaltung in die Mitte der „unteren“ Meeresmolasse vor, gleichwie die untere bunte Molasse wiederum in die Cyrenenschichten eingeschoben ist. Das Oligozän ist dazu von den jüngeren (miozänen) Schichten stets durch eine große Störung, eine Ueberschiebung der südlichen älteren Schichten über die nördlichen jüngeren, getrennt, daher keine gleichförmige Ueberlagerung nach Gumbel stattfindet.

Weiter ausgeführt sind dann diese Anschauungen des Verfassers in einem 1902 erschienenen Aufsatze²⁹⁾, in dem auch die Ansicht ausgesprochen wird, daß die so rätselhafte bunte Molasse am ehesten eine Landbildung mit kleineren Gewässern sein dürfte.

In der Folge wurden die Promberger Schichten durch R. Bärtling³⁰⁾ auch bei Peissenberg, wenn auch in schwacher Vertretung, nachgewiesen, und zwar im Sulzer Steinbruch, von woher ihre bezeichnenden Fossilien auch schon von E m m e r i c h 1855 erwähnt wurden. Dabei wies Bärtling auch darauf hin, daß neben diesen schwach entwickelten Promberger Schichten die im Hangenden (also im Süden) der Peissenberger Cyrenenschichten vorkommenden bunten Mergelschichten vollständig konkordant auf ersteren aufliegen, also hier einen jüngeren Horizont von bunter Molasse vorstellen.

Mit einer sehr vollständigen Reihe dieser jüngeren Schichten machte endlich im Jahre 1912 im Osten unseres Gebietes der Verfasser³¹⁾ bekannt, indem er im Leizachtale über den Cyrenenschichten, mit dem Quarzsandhorizont in ihrem hangendsten Teile, etwa 300 m mächtige Promberger Schichten normal auflagernd nachwies, darüber wieder 150 m Cyrenenschichten, worauf dann erst die große Ueberschiebung folgt.

²⁹⁾ K. A. Weithofer, Einige Querprofile durch die Molassebildungen Oberbayerns. Jahrb. d. k. k. Geol. Reichsanst. Wien 1902, S. 39.

³⁰⁾ R. Bärtling, Die Molasse und das Glazialgebiet des Hohen-Peissenberges und seiner Umgebung. Geogn. Jahresh. XVI. Jahrg., 1903, München 1905, S. 33.

³¹⁾ K. A. Weithofer, Ueber neuere Aufschlüsse in den jüngeren Molasseschichten Oberbayerns. Verhandl. d. k. k. Geol. Reichsanst. Wien 1912, S. 347.

B. Stratigraphischer Teil.

Der Untergrund unserer oligozänen Ablagerungen ist nirgends bekannt. Ihre tiefsten Schichten treten unmittelbar am Alpenrand zutage, diese selbst werden jedoch gegen das Gebirge zu durch eine große, fast geradlinig verlaufende Störung überall abgeschnitten. Die Berührungsline selbst ist dazu natürlich stets mit Schutt und Vegetation verdeckt. Direkt zu beobachten ist sie eigentlich nur an einer einzigen Stelle: In dem großen Zubaustollen des unterirdischen Zementsteinbruches von Marienstein, südlich von Schaftlach, worüber sofort die Rede sein soll.

Mehr oder weniger steil gestellt, selbst überkippt, zeigen sich an der Bruchlinie überall zunächst die tiefsten Schichten der Oligozänmolasse, auf welche in stets gleichförmiger Weise die jüngeren folgen. Sie sollen, von den ältesten beginnend, zunächst besprochen werden.

1. Untere Meeresmolasse: Einen selten schönen Aufschluß bietet der eben genannte Zementsteinbruchstollen von Marienstein,³²⁾ der in seinem nordsüdlichen Verlaufe nach wenigen Metern vom Mundloche, die der Bausteinzone angehören, die untere Meeresmolasse bei 70° bis 80° nördlichem Einfallen vom Hangenden aus erreichte und über etwa 500 m seiner Länge in ihr aufgefahren ist.

Es sind graue, mergelige Tone, zum Teil gebankt oder wenigstens gleichmäßig streifig, zum Teil massig, in letzterem Falle durch Ablösungsflächen in grobstengelige oder kubische Stücke zerfallend. Die Ablösungsflächen sind häufig, besonders bei Tagesaufschlüssen, mit einer braunen (Mangan-)Ausscheidung bedeckt. Die tiefst aufgeschlossenen 200 m bis 250 m sind fast fossil leer, dann beginnen sich langsam Fossilien einzustellen, die obersten 150 m bis 180 m sind zumeist außerordentlich reich an solchen, darunter besonders viele *Cyprina rotundata*, dann *Dentalium Kickxii*, *Pholadomyia Puschi* u. a. An einer Stelle fand ich mitten in den feinen

³²⁾ Vgl. hierzu: C. W. G ü m b e l, Nachträge zu: Geogn. Beschreib. des bayerischen Alpengebirges. Aus den Tölzer Vorbergen. Geogn. Jahresh. I. Bd., 1888, S. 173. — Und ebenso: L. v. A m m o n, Geognostische Beobachtungen aus den bayerischen Alpen. B. Das Zementsteinbergwerk Marienstein. Ebenda, VII. Bd., 1895, Cassel 1895, S. 99.

Tonmergeln ein etwa faustgroßes, vollständig geschiebeartig abgerundetes Stück einer schwarzen Pechkohle.

Außerordentlich wichtige und gelegentlich seinerzeitiger bergmännischer Arbeiten sehr genau studierte Aufschlüsse finden sich östlich davon, im weiteren Bereiche der Grubenbaue von Hausham. Seit Schafhäutl und Emmerich sind hier ja die Aufschlüsse im Locher Graben und im Drachental bei Wörnsmühl an der Leizach bekannt. Sie wurden von F. Korschelt³³⁾ eingehend beschrieben. Auch nach ihm, dem wir folgen wollen, zeigen die untersten Schichten hier „keine Spur irgend welcher organischer Reste, erst in den oberen 50 m treten Cyprinen und Dentalien auf und mit ihnen die ersten seltenen Spuren von Schwemmholtzkohle“. Die Zahl der Fossilien nimmt rasch zu und die oberste Lage ist geradezu durch „eine Masse von Cyprinen“ gekennzeichnet. Nach oben zu werden diese Schichten immer sandiger, gehen in plattige Sandsteine über; nach einer ersten Konglomeratlage treten wieder Sandsteine, Mergel oder sandigmergelige Schichten mit vielen Cyprinen und Pholadomyen auf, bis die Region der vorherrschenden Konglomerate (Bausteinzone) erreicht wird. Die Konglomerate sind vorwiegend quarziger Natur.

Die ganze Schichtenreihe ist etwa 600 m mächtig, wovon auch hier etwa 150 m auf die versteinerungsführende Zone entfallen.

Bereits im Bereich des Nordflügels der Haushamer Mulde liegen die Vorkommen bei der Einmündung des Sulzgrabens in das Leizachtal (vgl. schon die Angaben bei Emmerich 1854), solche unmittelbar südlich von Miesbach, sowie im Mangfalltal.³⁴⁾

Weiter im Osten, in der Fortsetzung jener vom Drachental, liegen die auch von Korschelt beschriebenen Aufschlüsse an den Gehängen des Auerberges gegen das Inntal zu.

Nach einem beschränkten Vorkommen am Ufer der Achen bei Höhenmoos (östlich von Rohrdorf im Inntal) treffen wir untere Meeresmolasse in ausgedehntem Maße wieder im Prientale. Ja, hier liegt die Eigentümlichkeit vor, daß an dieser

³³⁾ F. Korschelt, Die Haushamer Mulde östlich der Leizach. Geogn. Jahresh., Bd. III, 1890, S. 48.

³⁴⁾ K. A. Weithofer, Jahrb. d. k. k. Geol. Reichsanst. 1902, S. 48 u. 49.

Stelle die recht häufigen und umfangreichen Entblößungen an den Flusswindungen quer durch den Bereich der ganzen oligozänen Molasse nur marine Schichten zeigen: So am Flussknie unterhalb Dösdorf fast saiger stehender sandiger Mergel mit vielen Versteinerungen — nach Güm b e l (1861, S. 701) *Crassatella Bronni*, *Cyprina rotundata*, *Cytherea incrassata*, *Cytherea Brocchi*, *Dentalium* sp., nach Schlosser³⁵⁾, dessen Angaben von Dösdorf sich offenbar auf die gleiche Oertlichkeit beziehen, auch noch *Cardium Heeri*, *Cytherea Beyrichi* — ferner am Flussknie gegenüber Reit, wo ich zahlreiche Exemplare von *Dentalium*, *Cardium*, *Cytherea* u. a. in dünnplattigen, milden, steil aufgerichteten Sandsteinen aufsammeln konnte, am westlichen Ufer unterhalb Reit selbst und unterhalb Schloß Wildenwart, bei ebenfalls durchschnittlich 80° Nordfallen, am rechten Ufer nördlich von Rain, am Flussknie bei Mühlthal, wo das Einfallen der Schichten jedoch schon auf 50° bis 40° N herabgeht, im Streichen östlich bei Kaltenbach und Leiten aber wieder auf 65° bis 80° steigt. Da Fossilien von dieser Stelle nicht bekannt sind, hält es Schlosser nicht für ausgeschlossen, hier schon tiefere Horizonte der miozänen Meeresmolasse vor sich zu haben; auch Güm b e l zeichnet solche auf seiner geologischen Karte hier schon ein. Sicher miozäne Meeresmolasse, mit vielen kleinen und leicht zerfallenden Versteinerungen, zeigt sich mit 45° nördlichem Einfallen weiter flussabwärts am Flussknie bei Griebling.

Von Cyrenenschichten ist in diesem Quertal auffallenderweise nichts zu sehen.

Der nächste Aufschluß unterer Meeresmolasse gegen Osten zu findet sich erst wieder im Trauntal, zwischen Traunstein und Obersiegsdorf; ja der Talberggraben ist hier seit Anfang an geradezu eine Hauptfundstätte von Fossilien dieses Horizontes gewesen.³⁶⁾ Es sind wieder graue Sandsteine und Mergel, darüber eine ziemlich mächtige Reihe von gröberen Sandsteinen und Konglomeraten, welche offenbar schon der Übergangs- oder Bausteinzone entsprechen.

³⁵⁾ M. Schlosser, Geologische Notizen aus dem bayerischen Alpenvorlande und dem Inntale. Verhandl. d. k. k. Geol. Reichsanst. 1893, S. 189.

³⁶⁾ Vgl. Güm b e l, 1861, S. 700; 1894, S. 344; ebenso W. Wolff, a. a. O., S. 238.

Weiter östlich ist die untere Meeresmolasse nicht mehr bekannt; es stoßen jüngere Schichten an den alpinen Gesteinen ab.

Wenn wir nun auf der anderen Seite von Marienstein nach Westen gehen, so finden wir in dem anschließenden Längstal der Gaisach die hangenden Partien der Meeresmolasse des Zementstollens mit gleichfalls reichlicher Fossilführung am tieferen Gehänge des Plattenberges mehrfach aufgeschlossen; den Kamm dieses langgestreckten Höhenzuges bilden Sandsteine und Konglomerate der Bausteinzone.

Der Durchbruch der Isar bei Tölz bietet wieder ausgiebige Entblößungen der unteren Meeresmolasse und einen bekannten Fundpunkt ihrer Fossilien. Deutlich aufgeschlossen findet sie sich auch am Fuße des Buchberges beim Stallauer Weiher, unterhalb der Konglomerathänke, welche wieder dessen langgezogenen Kamm als Bausteinzone bilden. Letztere zeigen sich ja überhaupt stets als orographisch scharf hervortretendes Element, in dessen Liegendem die untere Meeresmolasse bei vorhandenen Aufschlüssen meist leicht zu finden ist. So tritt sie im weiteren Zuge am Schellenbach bei Achmühl an der Loisach, dann südlich von S. Johannisrain bei Penzberg, bei Dürrenhausen, weiter in der Umrandung der nunmehr südlich vorgelagerten Murnauer Mulde, ebenso wie in einem nördlich vorliegenden Sattelaufbruche, westlich des genannten Dürrenhausen, an dem Achbach bei Schöffau, bei Echelsbach an der Ammer, sowie weiter westlich am Südabhang des Illberges, wo sie nach Gillitzer³⁷⁾ noch fossilführend auftritt, allerdings der *Cyprina rotundata* nach ihm zu entbehren scheint.

Gümbel (1861, S. 721) erwähnt von Echelsbach (bei der Brücke) *Cardium Heeri*, *Cytherea incrassata*, *Nucula Lyelliana*, *Natica micromphalus*, *Dentalium*, *Cerithium marginatum*, worauf dann die festen Bänke der Bausteinzone folgen.

Auch aus dem Ammertalprofil des Südflügels der im Süden vorgelagerten Murnauer Mulde führt er sandig-mergelige Bildungen an, die nach ihm den obersten Schichten der älteren

³⁷⁾ Gg. Gillitzer, Geologie des Südgebietes des Peissenberger Kohlenrevieres. Jahrb. d. k. k. Geol. Reichsanst. 1914, Bd. 64, S. 156.

sten Meeresmolasse des Leizachtales entsprechen dürften, *Cardium Heeri*, *Nucula Lyelliana*, *Pleurotoma belgica*, *Cytherea incrassata*, *Tellina sp.* enthalten, denen wiederum die festen Sandsteine und Konglomerate der Bausteinzone mit ähnlichen Fossilien folgen.

Westwärts des Lech, im Bereich des Allgäuer Voralpenlandes, ist diese Stufe immer schwieriger zu erkennen. Fossilführend ist sie fast gar nicht mehr; ein spärliches Vorkommen ist am Nordfuße des Grünten mit *Natica crassatina*, *Cardium Heeri*, *Corbula gibba*³⁸⁾ schon seit langem bekannt. Die Ge steinsbeschaffenheit ist meist die einzige Handhabe — wenigstens noch ostwärts der Iller —, westwärts „verwischen sich in den dicht aneinander gedrängten und mit mächtigem Schutt überdeckten Molasseketten die Spuren dieser älteren Ablagerungen“³⁹⁾.

Was die Fossilführung der unteren Meeresmolasse betrifft, so führt W. Güm bel 1861 unter 54 Arten 72% tongrische, dagegen nur 44% aquitanische und ungefähr ebenso viel noch jüngere Spezies an. Er hält sich also für berechtigt, diese tiefste Meeresmolasse der tongrischen Schichtenreihe zuzuzählen. Wenn er dabei Sandberger als Zeugen anführt, so stimmt dies mit den bereits oben angedeuteten zwei Jahre jüngeren Aeußerungen dieses Autors⁴⁰⁾ nicht mehr, nach denen er die untere Meeresmolasse und die Cyrenenschichten Oberbayerns in eine Abteilung zu vereinigen und sie den Mainzer Cyrenenmergeln gleichzustellen geneigt ist.

Auch K. Mayer hält dafür, daß man es hier nicht mit seiner tongrischen Stufe, sondern dem untersten Gliede seines Aquitanien zu tun hat⁴¹⁾.

1897 hat W. Wolff die Fauna des bayerischen Oligozäns einem eingehenden Studium unterzogen; er kommt zu dem Resultate, daß von den von ihm (S. 299) sicher bestimmten

³⁸⁾ Güm bel, 1861, S. 729 u. ff.; 1894, S. 313.

³⁹⁾ Güm bel, 1861, S. 736—738; 1894, S. 313.

⁴⁰⁾ Fr. Sandberger, Die Konchylien der Tertiärbeckens. Wiesbaden 1863, S. 426 und 437.

⁴¹⁾ Seine Ausscheidung bei Heer, Tertiäre Flora der Schweiz, III., 1859, S. 288, ist nicht maßgebend, da er in dem Fossilverzeichnis nicht nur Arten der unteren Meeresmolasse und der Cyrenenschichten, sondern sogar solche der jüngeren, miozänen Meeresmolasse vereinigt.

58 Arten 33 nur im Oligozän, 12 nur im Miozän vorkommen (wobei er mit Th. Fuchs das Aquitanien der Faluns von Bazas und Mérignac zum Untermiozän rechnet), während 13 sich in beiden Formationen finden. Es gibt dies also 57% rein oligozäne, 22% indifferente und 21% rein miozäne Arten, wobei jedoch „die Mehrzahl der ins Miozän übergehenden Formen (etwa 61% derselben) mit dem Untermiozän verschwindet“. Keine einzige Art ist nach ihm spezifisch mitteloligozän, so daß er an dem echt oberoligozänen Charakter der Fauna nicht zweifeln kann.

Ohne sich auf diese Fragen festzulegen, scheint von Wichtigkeit zu sein, daß sich die wichtigsten Vertreter dieser Fauna in jener der Meeressande von Alsey und Elsheim im Mainzer Becken, ebenso auch in der spärlichen Fauna der Ralligensandsteine in der Schweiz wiederfinden.

Als bezeichnendste Konchylien, die hier fast überall und in vorwiegendster Menge anzutreffen sind, können wohl zunächst die folgenden genannt werden:

- Cyprina rotundata* A. Braun,
Cytherea incrassata Sow.,
Pholadomya Puschi Goldf.,
Panopaea Meynardi Desh.,
Cardium Heeri May.-Eym.,
Pectunculus latiradiatus Sandbg.,
Dentalium Kickxii Nyst.,
Turritella Sandbergeri May.-Eym.

Außerdem seien nach Wolff noch an wichtigen Formen erwähnt:

- Ostrea cyathula* Lam.,
Ostrea callifera Lam.,
Modiola Philippii May.-Eym.,
Modiola micans A. Br.,
Leda gracilis Desh.,
Cardium Sandbergeri Gümb.,
Cardium Heeri May.-Eym.,
Cardium cingulatum Goldf.,
Cardium Bojorum May.-Eym.,
Cardium Thunense May.-Eym.,
Cytherea Beyrichi Semp.,

Tellina Nystii Desh.,

Corbula gibba Oliv.,

Natica millepunctata Lam.

und zahlreiche weitere Gastropoden.

An Fischen bestimmte O. Reis, nach Wolffs Monographie, *Palaeorhynchus cf. giganteus* Wagn. und *Hypopriion cf. singularis* Probst., Güm bel erwähnt noch *Alosine salmonea* und *Meletta*-Schuppen, sämtliche vom Talberggraben, südlich von Traunstein.

Die reiche Foraminiferenfauna dieser Schichten wurde von A. Liebus⁴²⁾ beschrieben.

2. Bausteinzone (Übergangszone): Wir haben bei der Besprechung der unteren Meeresmolasse gesehen, daß die feinen, gleichmäßigen Tonmergel derselben in ihren obersten Lagen stets in Sandsteine und zuletzt in Konglomerate übergehen. Es deutet dies offenbar darauf hin, daß die bisherigen uniformen Ablagerungen eines offenen Meeres solchen einer näher rückenden oder einer unmittelbar vorliegenden Küste Platz gemacht haben, die diese Mengen sehr vollkommen abgerundeter Gerölle den vorliegenden Gewässern zusandte. Im gleichen Sinne sprechen die mehrfachen Vorkommnisse von Wellenfurchen in den begleitenden Sandsteinen, so im Leizachtal⁴³⁾, an der Lechenge bei Dietringen⁴⁴⁾ und bei Lechbruck⁴⁵⁾.

Mit dem Beginn einer solchen mächtigen Konglomeratbank, den sogenannten Bierhäuserl- oder Attenberger Konglomeraten, wird in der Regel die Schichtenreihe der unteren Meeresmolasse abgeschlossen.

Diese sandig-konglomeratische Fazies setzt sich in ähnlicher Weise durch die ganze Bausteinzone in ausgedehntestem Maße fort.

Nach Ablagerung der mächtigen Sand- und Geröllschichten derselben, deren Gesteine wegen ihrer Festigkeit und Dauerhaftigkeit sehr häufig als Bausteine ausgenützt werden,

⁴²⁾ A. Liebus, Ergebnisse einer mikroskopischen Untersuchung der organischen Einschlüsse der oberbayerischen Molasse. Jahrb. d. k. k. Geol. Reichsanst. 1902, Bd. 52, S. 71.

⁴³⁾ F. Korschelt, a. a. O., S. 49, Anmerkung.

⁴⁴⁾ Güm bel, Geogn. Beschreib. d. bayer. Alpengebirges. 1861, S. 730;

⁴⁵⁾ Stuchlik, Faziesentwicklung der südbayerischen Oligozänmolasse. Jahrb. d. k. k. Geol. Reichsanst. Bd. 56, 1906, S. 54 u. ff.

woher für die ganze Gruppe der Name Bausteinzone sich vielfach einbürgerte, finden wir unser Gebiet dann weiter von ausgedehnten, seichten Brackwässern bedeckt. Der Uebergang vom offenen Meer zu diesen halb ausgesüßten Wässern findet mit mehrfachen Rückschlägen während dieser Periode statt, weshalb sie auch Uebergangszone genannt wurde.

Es finden sich die bezeichnenden Pholadomyen und Turritellen in mehreren Bänken eingeschaltet; die *Cyprina rotundata*, deren Vorkommen an Schlamm, daher tonig-mergelige Gesteine geknüpft zu sein scheint, ist jedoch verschwunden. Daneben stellen sich aber bereits vielfach *Cyrena semistriata* nebst *Cerithium margaritaceum* und *plicatum*, *Mytilus* u. a. ein, derart den Eintritt neuer Faunenelemente, geänderten Lebensbedingungen entsprechend, bezeichnend.

Paläontologisch ist diese Schichtengruppe daher nicht besonders charakterisiert; ihrer auffallenden Gesteinsbeschaffenheit aber wegen und insbesondere ob des Umstandes, daß ihre harten Schichten überall im Gelände scharf gekennzeichnet sind und sich da häufig schon orographisch als langgestreckte Höhenrücken darbieten, ist es immerhin zweckmäßig und praktisch, diese Schichtenzone gesondert auszuhalten. Zudem wäre man öfter in Verlegenheit, sie zufolge der geschilderten wechselnden Fauna der älteren oder der neu einbrechenden Periode zuzuweisen.

Im Leizachtale, wo diese Zone wohl am typischsten entwickelt und durch den Bergbau am längsten und ausgiebigsten bekannt ist, reihen sich im Süd- wie im Nordflügel an die oben genannten Abschlußkonglomerate der unteren Meeresmolasse Sandstein und Mergel, dazwischen ab und zu wieder schwächere Konglomerateinlagen, worauf das erste Flöz (Philipp II) folgt, das sich aber bis jetzt hier als nicht bauwürdig erwies. Weiter schließen sich wieder Sand und Konglomerate mit einzelnen Kohlenspuren oder auslässigen, schwachen Flözchen an, worauf sich in etwa 70 bis 80 m (bergrecht etwa 50 m) Entfernung vom Philipp II-Flöz das bisher gleichfalls stets unbauwürdige Philipp I-Flöz einstellt, dessen Hangendes nach Korschelt sogar eine Konglomerathbank ist. Weiter kann man wieder Sandsteine und zum Teile mächtige Konglomerate — nach dem Attenberger Konglomerat der zweite mächtige

Konglomeratverband — sehen (im Sulzgraben den oberen Wasserfall bildend), wieder Sandsteine und sandige Mergel mit Turritellen, Mergel mit Cyrenen und Cerithien, Konglomerate, Sandsteine, Mergel mit Flöz 3/2, wieder Sandsteine mit Konglomeraten, worauf dann bereits die typischen brackischen Cyrenenschichten mit den Haushamer Flözen 3 und 4 (Großkohl und Kleinkohl) in etwa 240 m Entfernung vom Flöz Philipp II (bergrecht etwa 150 m) folgen.

Wie die Gesteine unterscheidet sich auch die Kohle dieser sandig-konglomeratischen Uebergangsperiode von der der folgenden brackischen Schichten durch ihre Härte und Festigkeit, allerdings auch durch ihr unregelmäßiges Anhalten, wodurch sie sich auf die Dauer für stets als unbauwürdig erwies.

Die Mächtigkeit dieser Schichtengruppe beträgt 200 m bis 300 m; als küstennahe Bildung ist die Zusammensetzung derselben sehr großem Wechsel unterworfen. Ueberall sind für sie aber reichlich feste Sandsteine und Konglomerate charakteristisch, sowie das erste Auftreten brackischer Gewässer, mit Einschluß von Kohlenflözen.

Bemerkenswert ist, daß diese Konglomerate vorwiegend quarziger Natur sind. Schon Emmerich weist 1851 darauf hin, daß er unter den Geschieben des von ihm untersuchten Gebietes (zwischen Inn und Salzach) viele kristallinische (Gneis und Glimmerschiefer) gefunden habe, schwarze Kiesel-schiefer, bunte Hornsteine, nebst dunkelgrauen Dolomitgerölle. Nach Gumbel (1894, S. 323) gehören diese Gerölle „vorherrschend weißen Quarzen an; aber es kommen auch schwarze, kieselige Gesteine, Urgebirgsfelsarten von Granit, Gneis, Glimmerschiefer und verschiedene harte Kalke vor, welche zuweilen Kopfgröße erreichen“.

In der Tat bestehen diese stets sehr gut gerundeten und glatten Gerölle vorwiegend aus weißem Quarz und dunklem Kiesel-schiefer; Gneis, Granit und Glimmerschiefer sind stark in der Minderheit, harte Kalke treten nur vereinzelt oder stellenweise auf.

Der Ursprungsort dieser auffallenden Gesteine ist noch ungeklärt.

Von dem oben besprochenen Leizachprofil gegen Osten umkreist im Auerberg die Uebergangszone im unmittelbaren

Hangenden der unteren Meeresmolasse die sich hier gegen Ostwannenförmig schließende Haushamer Mulde. Sie bildet hier in den von dem genannten Bergstock sich herabziehenden Gräben, wie in dem in das Leizachtal einmündenden Sulzgraben, mehrere schöne Wasserfälle. Nach den genauen Aufnahmen Korschelts sind auch hier zwei Hauptkonglomeratzonen zur Ausbildung gelangt, die durch Sandsteine getrennt werden; sie bestehen hier ebenfalls aus den gleichen Gesteins-elementen, nur an „einem Punkte, im westlichen Rabensteiner-graben findet sich Kalkgerölle bis zu Kopfgröße dicht nebeneinander, pflasterartig geschichtet in vier getrennten Bänken“. Das Philippföz II ist sehr schwach entwickelt, auf dasselbe folgt aber, abweichend vom Leizachtalprofil, lediglich eine über 160 m mächtige, einförmige Ablagerung von grobplattigen, graugelblichen Sandsteinen, ab und zu mit Meeresversteinerungen (*Cardium Heeri*).

In der östlichen Fortsetzung, zunächst zwischen Inn und Prien, ist heute von der Konglomeratzone nicht viel zu sehen. Zur Zeit der lebhaften Schurftätigkeit nach der Mitte des vorigen Jahrhunderts scheint man hier verschiedene solche Vorkommnisse aufgeschlossen zu haben. Darauf deuten wohl auch die Angaben Emerichs vom Jahre 1851 über viele kristallinische Geschiebe, besonders Gneis und Glimmerschiefer aus der Höhenmooser Gegend hin.

Im Prientale selbst konnten bisher Vertreter dieser Schichtengruppe ebenso wenig nachgewiesen werden, wie jene der jüngeren Cyrenenschichten, wenn nicht einzelne sandige Partien auf solche deuten sollten.

Weiter östlich erwähnt Gumbel (1861, S. 701) in der Nähe von Bernau Konglomerate, zum Teile der ersteren unteren Konglomeratzone angehörig, bezeichnenderweise wieder mit Urgebirgsfragmenten und Quarzgerölle.

Ein ausgiebigerer Aufschluß findet sich wieder im alleräußersten Osten, im Trauntale, unmittelbar neben der Straße im Hangenden der unteren Meeresmolasse in Form eines mächtigen Verbandes von Sandsteinen mit eingelagerten Konglomerathängen.

Gehen wir vom Leizachtal gegen Westen, so finden wir die Konglomeratzone mit einzelnen Bänken bei Attenberg (un-

mittelbar bei Hausham) mit Quarz- und Kieselschiefergeröllen aufgeschlossen. Weiter westlich, so insbesondere in dem bekannten, schon öfters genannten Lochergraben und bis zum Tegernsee ist von ihr nicht viel zu bemerken. Die Ablagerungen von Konglomeraten dürften daher an diesem Teil der Küste ehemals sehr schwach gewesen sein. Am Nordflügel der Haushamer Mulde streichen Konglomerathänke jedoch durchs Mangfalltal durch.

Erst gegen Marienstein zu finden wir die Bausteinzone zunächst schon am Eingang des Festenbachgrabens, dann am Mundloche des großen Zementstollens selbst wieder gut aufgeschlossen. Weiter westlich davon anschließend bilden sie den Kamm des ost-westlich lang hingezogenen Plattenberges, sowie westlich von Tölz den des Buchberges, endlich den ebenso langgestreckten Rücken südlich von Penzberg, dessen Ostende die Loisach in langer Schleife umgeht.

Am Südrand der Rottenbucher Mulde (südlich von Peissenberg) beschreibt sie jüngst Gillitzer mindestens teilweise in seiner „Sandsteinpartie“ der unteren Meeresmolasse mit Quarzkörnern, nebst Biotit, Augit, Hornblende u. dgl. als Elementen und „Einstreuung von groben Quarz-, Kieselkalk- oder Kalksteingeröllen“.

Auch Gümibel (1861, S. 722) führt sie unterhalb der Ammerbrücke bei Echelshach mit festen Werksandsteinen und Konglomeraten an, ebenso wie in gleicher Zusammensetzung aus dem Südflügel der Murnauer Mulde in dieser Gegend mit marinen Fossilien.

Hier verliert diese Zone jedoch ihr scharfes Gepräge, da auch die in dieser Gegend unmittelbar folgende „bunte Molasse“ sehr viele Konglomerate enthält.

Noch mehr ist das dann weiter im Westen der Fall, wo ja überhaupt auch die untere Meeresmolasse, wenigstens in ihrer im Osten so bezeichnenden Vertretung, wie oben dargestellt, immer mehr zurücktritt oder doch schwer kenntlich wird.

Daß die Bausteinzone paläontologisch nur eine Uebergangszeit, eine Wechsellegerung von Fossilien der unteren Meeresmolasse mit solchen der brackischen Cyrenenschichten bedeutet, wurde schon erwähnt. Bemerkenswert ist überall

das Auftreten von 'mehr oder weniger deutlich erhaltenen Blattresten, das daher ebenfalls auf nahes Festland hinweist.

Es beruht darauf Gümbeis Versuch der Aufstellung einer „unteren Blättermolasse“, die aber in diesem Sinne und als selbständiges Glied keine Berechtigung hat. Sie wurde von ihm später auch nicht mehr aufrecht erhalten und kann im allgemeinen in der Bausteinzone aufgehen.

Von Pflanzenarten werden folgende Arten genannt:

- Quercus furcinaervis* Rossm.,
Glyptostrobus europaeus Brongn.,
Cinnamomum Scheuchzeri Heer.,
Cinnamomum polymorphum A. Br.,
Betula Brongniarti Heer.,
Lastraea styriaca Ung.

Sie kommen in der Schweizer Molasse und Ablagerungen ähnlichen Alters vor.

3a. Die brackische Molasse (Cyrenenschichten). Nachdem mit dem Schlusse der Uebergangszone die Herrschaft des Meeres für lange Zeit gebrochen war, sehen wir jetzt eine außerordentlich mächtige Reihe von Ablagerungen eines meerabgekehrten Typus vor sich gehen. Nur ab und zu zeigt sich in einzelnen eingeschalteten schwachen Bänken ein kurzer, vorübergehender Wiedereinbruch von Meeresfluten, oder er äußert sich wenigstens in einer geringen Beimischung mehr mariner Formenelemente zu den bestehenden brackischen.

Im übrigen finden wir eine endlose Reihe von Mergeln, sandigen Mergeln oder gleichförmigen Sandsteinen, alles von eintöniger grauer oder gelblichgrauer Farbe, in denen sich eine artenarme, dafür aber meist überaus individuenreiche Fauna breit macht: der Typus einer brackischen Entwicklung.

Sehr häufig geht die Zufuhr von Süßwasser so weit, daß reine Süßwasserablagerungen entstehen; es sind dies insbesondere Stinksteine und bituminöse Mergel, sowie die Pechkohlenflöze selbst. Tellerschnecken, stellenweise Unionen bedecken dann in außerordentlicher Menge die Schichtflächen; Beimengungen von Landschnecken finden häufig statt. Die Stinksteine und bituminösen Mergel treten entweder selbständig, oft in ziemlich mächtigen Bänken, oder in Verbindung mit den Flözen auf: Als Hangendes oder Liegendes oder als Zwi-

schenmittel derselben, oder die Flöze gehen nach irgend einer Richtung in solche über, indem sich meist immer mehr dieser tauben Bänke einschalten und die Kohle derartig allmählich sich auskeilt.

In dieser Zusammensetzung treten die brackischen Schichten im Osten, insbesondere in der Haushamer Gegend, als einheitlicher Schichtenverband auf: Sie lassen sich in keiner Weise unterteilen, weder ihrer Gesteinsbeschaffenheit nach, noch zufolge ihrer organischen Einschlüsse. Wie schon Güm bel 1861 (S. 692) betont und später Wolff hervorhebt (a. a. O., S. 229), läßt sich ein faunistischer Unterschied nirgends in dieser Brackwassermolasse nachweisen. Nur die sofort zu erwähnenden Quarzsande im hangendsten Teile derselben bilden einen petrographisch leicht ausscheidbaren Grenzhorizont daselbst.

Dagegen schiebt sich gegen Westen zu ein immer mächtiger werdender Keil eines neuartigen Ablagerungstypus ein, der die Cyrenenschichten westlich des Lech schließlich ganz verdrängt: Die bunte Molasse.

Letztere ist also ein zeitliches Aequivalent eines Teiles oder der ganzen Brackwassermolasse.

In der Hausham-Miesbacher Gegend sind nun diese Cyrenenschichten zufolge des außerordentlich ausgedehnten Bergbaues mit seinen vielen und großen Querschlägen sehr genau bekannt. Sie haben die oben angegebene Zusammensetzung, die aber nicht nur in vertikalem Sinne, sondern auch in horizontalem vielfach wechselt, so daß dadurch einer Horizont- oder Flözidentifikation große, eigentlich unübersteigliche Schwierigkeiten entgegenstehen. Die Gesamtmaßigkeit beträgt in Hausham etwa 750 m von dem genannten Großkohl-Flöz 3 an. Da aber in der Haushamer Mulde die Schichtenreihe der Cyrenenschichten nicht vollständig ist, muß ein unbekannt großer Teil noch aus der nördlich vorgelagerten Miesbacher Mulde oder dem neuen großen Wasserstollen der Leizachwerke dazu genommen werden, so daß sich dadurch schätzungsweise immerhin eine Gesamtmaßigkeit von 1000 m bis 1200 m ergeben dürfte.⁴⁶⁾

⁴⁶⁾ Ein genaues Schichtenprofil der Haushamer Mulde bis Flöz 18 findet sich als Beispiel der eintönigen Schichtenfolge nach mehreren Quer-

Von den 26 im Haushamer Grubenfeld numerierten Flözen liegen die zwei untersten noch in der Bausteinzone (Philipp-Flöze II und I); von den übrigen, der Brackwassermolasse angehörigen Flözen sind jedoch nur die beiden untersten (Nr. 3 = Großkohl und Nr. 4 = Kleinkohl) bauwürdig.

Bemerkenswert sind ferner noch zwei vereinzelte schwache Konglomerateinlagen, von denen sich eine etwas über dem Flöz 8 in der Regel findet, die andere ebenso über dem Flöz 20; letztere ist überdies auch obertags bei Agatharied, bei Mösel und Hintereck bekannt.

Das Haushamer Profil endigt, wie gesagt, mitten in den Cyrenenschichten. Die nördlich vorgelagerte Miesbacher Mulde beginnt dagegen in ihren tiefstbekannten Schichten wieder mit solchen, weiter treten hier aber noch jüngere Partien der Cyrenenschichten hinzu, die bei Miesbach wieder einige Flöze (darunter Johann- und Bayern-Flöz bauwürdig) führen.

Eine in einer Kalkmergellage im Hangenden von Flöz 18 in Hausham auftretende Anhäufung von Schalen der *Helix rugulosa* glaubt Stuchlik⁴⁷⁾ auch in Miesbach wiederfinden und dadurch eine gewisse Horizontierung durchführen zu können. Die Richtigkeit muß heute allerdings noch dahingestellt bleiben.

Während daher die bei Hausham gebauten Flöze an der Basis der Cyrenenschichten liegen, sind die Miesbacher Flöze den jüngsten Schichten derselben eingeschaltet.

Bergrecht etwa 115 m über dem genannten Miesbacher Bayern-Flöz findet sich hier nun ein neues Schichtenelement, das für den hangendsten Teil der Cyrenenschichten als führend zu bezeichnen ist: Eine 8 m bis 9 m mächtige Lage von feinem, weißen, lockeren Quarzsand, über dem in der Miesbacher Grube noch weitere 80 m bis 90 m Cyrenenschichten aufgeschlossen sind.

Einen ähnlichen Quarzsand durchfuhr man auch im genannten Leizachstollen in einer 25 m und 19 m mächtigen,

schlägen bei Korschelt, a. a. O., angegeben, auf das der Kürze wegen verwiesen sein mag.

⁴⁷⁾ Stuchlik, Faziesentwicklung der südbayerischen Oligozänmolasse. Jahrb. d. k. k. Geol. Reichsanst. Bd. 56, 1906, S. 309. — Ebenso Wolff, Fauna der südbayerischen Oligozänmolasse. Palaeont. Bd. 48, 1897, S. 228.

durch 22 m Mergel getrennten Doppel Lage, über deren hängenden Bank nach einem schwachen Kohlenflözchen sofort und in gleichförmiger Lagerung die marinen Promberger Schichten folgten.

In der Gegend des Schlierach- und Leizachtals haben wir daher folgendes einfaches Profil der Brackwassermolasse: Einen etwa 1000 m bis 1200 m mächtigen Verband von Cyrenenschichten, an ihrer Basis die Haushamer Flözgruppe, in ihrem hängendsten Teil den Miesbacher Flözzug, über diesem den Glassandhorizont, der unmittelbar an die Promberger Schichten grenzt.

Im Gegensatz zu dieser einheitlichen Schichtenfolge von Cyrenenschichten mit den eingeschalteten Süßwasserschichten zeigt das Penzberger Profil eine mächtige Entwicklung der zwischengelagerten bunten Molasse.

In und über der Bausteinzone findet sich hier eine nur schwache Vertretung der Brackwasserschichten, die sehr bald der nun folgenden bunten Molasse Platz macht. Da wir letztere als Landbildung auffassen, muß sich an dieser Stelle die Verwandlung der marinen Bildungen der unteren Meeresmolasse durch die küstennahe Bausteinzone in Brackwasserästuarien und von diesen in völlige Verlandung ziemlich rasch vollzogen haben. An 600 m bis 700 m ist die bunte Molasse hier mächtig. Dann tritt plötzlich mit dem Penzberger Flöz 0 wieder das bekannte eintönige Schichtensystem der Brackwassermolasse auf den Schauplatz, die auch hier die von Hausham her bekannte Zusammensetzung aufweist. In Hausham sind die Schichten im allgemeinen nur etwas härter, sandiger, hier weicher, weil mergeliger.

In der südlichen Penzberger Mulde zeigt sich zu oberst im Hangenden der hier gebauten Flöze wieder eine Quarzsandlage als einer der jüngsten Muldeneinschlüsse. Noch jüngere Schichten finden sich in der nördlich vorgelagerten Nonnenwaldmulde, nur lassen sich hier auch die älteren Schichten mit denen der Penzberger Mulde genau identifizieren, so daß dadurch ein fortgesetztes Profil entsteht. Dem Penzberger Quarzsand entspricht in der Nonnenwaldmulde im gleichen Horizont ein gleicher Quarzsandkomplex von 35 m bis 40 m Mächtigkeit in zwei Bänken, worauf nach etwa 200 m

Cyrenenschichten mit einigen Flözen (darunter das bauwürdige Neumayer- und Schwaig-Flöz) ein zweiter Quarzsand von ähnlicher Mächtigkeit folgt, der die ganze Schichtenreihe der Cyrenenschichten nach oben zu abschließt. In seinem Hangenden finden sich wieder unmittelbar und gleichförmig aufgelagert die marinen Promberger Schichten.

Im ganzen werden in den ober der bunten Molasse etwa 650 m mächtigen Penzberger Cyrenenschichten, von der bunten Molasse bis zu den Promberger Schichten, etwa 31 Flöze nummeriert, von denen allerdings nur etwa sieben bis acht (und auch diese nicht immer alle) bauwürdig sind. Ihrer Lage nach entsprechen sie vollkommen dem jüngeren Miesbacher Flözhorizont.

Eine ähnliche Zusammensetzung zeigt endlich auch das genauer bekannte Peissenberger Profil. Ober der Bausteinzone folgen zwar auch hier noch Flözvorkommen, aber diese sind bereits ganz in Süßwasserschichten eingebettet, auf welche sofort die bunte Molasse folgt.⁴⁸⁾ Letztere ist in der Rottenbucher Mulde nach Gillitzer samt den Konglomeratschichten bereits etwa 1500 m mächtig.

Die folgenden Cyrenenschichten sind in der Nordmulde von Peissenberg im Bereiche des dortigen ausgedehnten Bergbaues am besten aufgeschlossen. Sie sind hier nach Pilz⁴⁹⁾ ohne den Quarzsand etwa 500 m mächtig, nach Gillitzer in der Rottenbucher Mulde 240 m, und enthalten 23 bezifferte Flöze, von denen wieder etwa sieben bis acht bauwürdig sind. Die Zusammensetzung der Schichten ist ebenfalls genau die gleiche wie in Penzberg oder Miesbach, zu deren jüngerer Gruppe die Flöze dem Alter nach auch gehören.

Die weitere Schichtenfolge ober den Cyrenenschichten ist, samt der Beschaffenheit deren hangendsten Teiles, des Quarzsandhorizontes, trotz mehrfacher Arbeiten von Stuchlik, Ammon, Bärtling, Koehne, anscheinend noch nicht endgültig geklärt. Quarzsande sind auch hier im obersten Teile der Cyrenenschichten vorhanden. Lebhaft bestritten wird, ob hier ebenfalls die gleichen Verhältnisse (nach Stuchlik),

⁴⁸⁾ Gillitzer, a. a. O., S. 160.

⁴⁹⁾ A. Pilz, Die bayerischen staatlichen Bergwerks-, Hütten- und Salinenbetriebe. »Glückauf«, Essen 1916, 52. Jahrg., S. 257.

wie für Penzberg geschildert, herrschen, oder ob sie wesentlich davon abweichen.

Nach oben abgeschlossen werden sie auch hier teilweise durch die marinen Promberger Schichten, zum Teile jedoch auch anscheinend unmittelbar durch eine Wiederkehr der bunten Molasse.⁵⁰⁾

Westlich von Peissenberg treten Cyrenenschichten noch einmal am Bühlach bei Peiting mit einigen Flözen, auf denen wohl der älteste Bergbau, allerdings ohne nachhaltige Ergiebigkeit betrieben wurde, als deren Fortsetzung auf. Auch der Quarzsand läßt sich nachweisen und weiter im Hangenden davon die jüngere bunte Molasse Peissenbergs, so daß über die Stellung dieser Schichten kein Zweifel herrschen kann.

Ueber den Lech hinaus gegen Westen ist dagegen von Cyrenenschichten kaum mehr etwas zu sehen. Es treten wohl noch ab und zu schwache Pechkohlenflözchen auf, doch sind diese wohl stets mit ihren begleitenden Süßwasserschichten bereits in bunter Molasse eingeschlossen.

Von Hausham gegen Osten finden wir die Cyrenenschichten noch die ganze gegen den Inn zu sich schließende Haushamer Mulde ausfüllend. Nur keilen bald östlich der Leizach die bauwürdigen Flöze des Liegendorfes (Groß- und Kleinkohl) gänzlich aus. Der Hangendflözzug von Miesbach tritt mit einigermaßen mächtigen, wenn auch bis jetzt kaum bauwürdigen Flözen in der Nordmulde gegen Au zu wieder auf. Schwächere Vertreter finden sich auch dazwischen.

Jenseits des Inn wurde auf verschiedene Flöze der Cyrenenschichten bei Höhenmoos und Schauerham⁵¹⁾ früher eifrig geschürft, jedoch ohne Erfolg. Cyrenenschichten mit einzelnen Schurfversuchen befinden sich auch südlich und

⁵⁰⁾ Vergleiche die Gesamtdarstellung dieser widerstreitenden Meinungen in Weithofer, Die Entwicklung der Anschauungen über Stratigraphie und Tektonik im oberbayer. Molassegebiet. Geol. Rundschau, Bd. V, 1914, S. 70 ff.

⁵¹⁾ Emmerich, 1851, S. 6; Gumbel, 1861, S. 708; Schlosser 1893, S. 190.

⁵²⁾ Zuletzt besprochen von F. Broili, Kampenwand und Hochplatte. Neues Jahrb., Beilage — Bd. 37, 1913, S. 435. — Früher: Gumbel, 1861, S. 701.

östlich von Bernau⁵²⁾, sowie endlich im Trauntal. Hier jedoch schon in recht geringer Vertretung.⁵³⁾

Zu erwähnen sind auch im Bereich der Cyrenenschichten schließlich Gebilde, die ebenso wie in der Bausteinzone (siehe oben), auf Ufernähe und seichtes Wasser, dessen Untergrund sogar zeitweilig bloßgelegt wurde, hindeuten. Es sind wieder Wellenfurchen, die verschiedentlich mehrfach aufgeschlossen wurden und kürzlich die alte Frage, ob der Peissenberger Muldenflügel normal gelagert oder überkippt sei, vorübergehend wieder auflieben ließen⁵⁴⁾. Man kennt sie auch aus den Cyrenenschichten Penzbergs, wo Vorkommen derselben im Liegenden des Flözes III und im Hangenden des Flözes XVI der Penzberger Mulde, sowie einige Meter im Hangenden von Flöz Schoeller in der Nonnenwaldmulde aufgedeckt wurden.

Einen ausgedehnten Aufschluß schön ausgebildeter Trockenrisse lieferte das unmittelbare Liegende von Flöz XVI im (überkippten) Südflügel der Penzberger Mulde. Sie umschließen kopf- bis etwa viertelmetergroße Felder und gewähren der an dieser Stelle steil stehenden Streckenwand den Anblick einer förmlichen Trockenmauer.

Die durch die Risse zerteilte Liegengbank besteht aus graubraunem Mergel, dessen oberste Schicht, wie häufig gegen das Flöz zu, aus einem dünnflaserigen Gemenge von dunklem Mergel, Stinkkalk, Kohle und vielen Süßwasserschaltierern in wirren, meist papierdünnen Lagen und Schuppen besteht. Die Ausfüllungsmasse der Risse ist dunkler Mergel mit ebensolchen zahlreichen Schaltierfragmenten (*Planorbis*, *Unio* u. a.).

Es war also ein zuletzt versumpftes Gewässer vorhanden, das mit Pflanzenresten bereits reichlich durchsetzten Schlamm ablagerte. Dann wurde diese Schlammschicht trocken gelegt, es bildeten sich die Risse, worauf neuerdings Ueberflutung durch Sumpfwässer stattfand, deren Absätze die Risse aus-

⁵²⁾ Emmerich, 1851, S. 5; Gumbel, 1861, S. 700; derselbe, 1894, S. 344.

⁵³⁾ A. Rothpletz, Die fossilen oligozänen Wellenfurchen des Peissenberges. Sitzber. d. math.-naturw. Kl. d. kgl. bayer. Akad. d. Wiss. Bd. 34, 1904, S. 371. — H. Stuchlik, Faziesentwicklung der südbayerischen Oligozänmolasse. Jahrb. d. k. k. Geol. Reichsanst. 56. Bd., 1906, S. 60.

füllten und die zwischenliegenden Felder dünn überlagerten, worauf die eigentliche Moorbildung des Flözes XVI einsetzte.

Paläontologisch ist der Schichtenverband der Brackwassermolasse vor allem durch das zahllose Auftreten einiger Brackwasserformen, insbesonders *Cyrena semistriata* Desh. und *Cerithium margaritaceum* Brocchi charakterisiert; daneben treten in einzelnen Schichten rein marine Arten auf, wie anderseits lagenweise solche des süßen Wassers und Landschnecken. Die genannten Brackwasserformen erfüllen oft ganze Bänke. So ist in Hausham das Kleinkohlfloß durch eine derartige, 10 cm bis 20 cm starke Muschelbank im unmittelbaren Hangenden des Flözes gekennzeichnet, die fast ausschließlich aus Schalen der *Cyrena semistriata* besteht. Auch *Mytilus aquitanicus* May.-Eym., *Unio inaequiradiatus* Gümb., *Planorbis declivis* A. Br. und *cornu* Brongn., sowie *Helix rugulosa* v. Mart. bedecken oft in unzähligen Stücken die Schichtflächen, letztere beiden Gattungen insbesondere solche in den Stinkkalken und Flözen.

Von Wirbeltieren fanden sich bis jetzt nur Zähne und Kiefer von *Anthracotherium magnum* Cuvier, Reste von Schildkröten (*Trionyx styriacus*, Penzberg; auch bei Kempten in Gummels dortiger Blättermolasse), solche von Fischen *Ehippites Peissenbergensis* v. Ammon (aus dem Zementmergel des Daches von Flöz IX in Peissenberg⁵⁵), *Chrysophrys* spec.⁵⁶) und Fischschuppen (*Meletta*).

Die wichtigsten, sicher bekannten marinen und brackischen Konchylien wären:

- Ostrea cyathula* Lam. h.,
Mytilus aquitanicus May.-Eym. hh.,
Modiola Philippii May.-Eym.,
Dreissensia Basteroti Desh. h.,
Arca Gümberli May.-Eym. h.,
Cardium Heeri May.-Eym.,
Cardium Sandbergeri Gümb.,

⁵⁵) L. v. Ammon, Über das Vorkommen von Steinschrauben etc. Geogn. Jahresh., XIII. Jahrg., München 1901, S. 60.

⁵⁶) Nach O. Reis in Wolff, Fauna der südbayerischen Oligozänmolasse. Palaeontogr. Bd. 48, 1897, S. 296: stammt nach v. Ammon an oben zitiertter Stelle aus >oberbayerischem Cyrenenmergel.

- Cyrena gigas* Hofm. s.,
Cyrena semistriata Desh. hhh.,
Cytherea subarata Sandbg. s.,
Cytherea Beyrichi Semp.,
Psammobia protracta h.,
Pholadomya Puschi Goldf. ss.,
Corbula carinata Dujard ss.,
Neritina picta Fér. h.,
Turritella diversicostata Sandbg. s.,
Cerithium bavaricum Gümb. s.,
Cerithium submargaritaceum Gümb. s.,
Cerithium margaritaceum Broeckh. hhh.,
Cerithium Rahtii A. Br. s.,
Cerithium plicatum Brng. s.,
Cerithium Galleottii Nyst. h.,
Buccinum Flurli Gümb. ss.,
Nassa aperta Wlff. ss.

Als reine Süßwasserformen, in Begleitung der Flöze und Stinkkalke, wären anzuführen:

- Anodonta bavarica* Wlff.,
Unio inaequiradiatus Gümb.,
Unio umbonaris Wlff.,
Hydrobia ventrosa Montf.,
Melania Winkleri May.-Eym.,
Melania Escheri Merian,
Melanopsis Hantkeni Hofm.,
Melanopsis aquensis Sandbg.,
Limnaeus pachygaster Thom.,
Planorbis declivis A. Br.,
Planorbis cornu Brongn.

Einige davon gehen allerdings auch in brackisches Wasser über (*Melanopsis*).

An Landschnecken fanden sich außerdem *Helix rugulosa* v. Mart., *Cyclostoma cf. bisulcatum* v. Ziet. und *Glandina inflata* Reuss.

Foraminiferen führt A. Liebus aus meinen Aufsammlungen folgende an:

- Polystomella macella* F. u. M.,
Truncatulina Haidingeri d'Orb.,

- Truncatulina lobatula* d'Orb.,
Truncatulina Dutemplei d'Orb.,
Truncatulina simplex d'Orb.,
Nonionina communis d'Orb.,
Nonionina deprussula W. u. J.,
Miliolina oblonga Mont.,
Miliolina microdon Reuss.

Dabei ist insbesondere *Truncatulina Haidingeri* d'Orb. recht häufig, meist allein nur vertreten und für die Cyrenenschichten charakteristisch.

Unter den Ostracoden bestimmte A. Liebus:

- Cytheridea heterostigma* Rss.,
Cythere lyrata Rss. (häufig),
Cythere cf. Jonesana Bosqu.,
Cytherella Beyrichii Rss.,
Bairdia cf. arcuata v. Mstr.

Endlich fanden sich zwei *Chara*-Arten, von denen eine nach Liebus an die *Chara petrolei* Andr. aus den brackischen Oligocämmergeln von Oberstätten im Elsaß erinnert.

Von Pflanzenresten bestimmt O. Heer⁵⁷⁾ aus den flözführenden Cyrenenschichten Peissenbergs 20 Arten. Davon sind 5 Arten, und zwar:

- Dryandrodes hakeaeifolia* Ung.,
Dryandrodes laevigata Heer,
Quercus valdensis Heer,
Porana Ungerii Heer,
Rhamnus rectinervis Heer,

ausschließlich auf die unterste Schweizer Stufe beschränkt, wobei die beiden *Dryandrodes*-Arten besonders für sie bezeichnend sind.

9 weitere Arten kommen außer in der untersten auch in höheren Stufen vor:

- Glyptostrobus europaeus* Brongn.,
Cyperites Chavannesi Heer,
Apeibopsis Deloesi Gand.,
Cinnamomum Scheuchzeri Heer,
Sapindus falcifolius A. Br.,
Betula Brongniarti Heer,

⁵⁷⁾ O. Heer, Tertiäre Flora der Schweiz. 1859, III. Bd., S. 287.

Alnus Kefersteini Gp.,
Juglans acuminata A. Br.,
Cassia Berenices Ung.

2 Arten kommen zwar nicht in der Schweiz, wohl aber in den niederrheinischen Braunkohlen vor:

Pecopteris acuminata,
Quercus Goepperti,

während 4 Arten Peissenberg zurzeit eigentümlich sind:

Ficus Martiana Heer,
Rhamnus bavarica Heer,
Acerates Gümbeli Heer,
Nelumbium lignitum Schaffh.

Am nächsten steht diese Flora nach Heer jener von Monod.

Von Miesbach kennt Heer ein undeutliches Stück eines *Glyptostrobus europaeus* Brongn.

Aus Gümbels bekannter Aufsammlung von Pflanzenresten bei Kottern (bei Kempten; oberste Lagen der dortigen oligozänen Molasse) bestimmt Heer (a. a. O.) 12 Arten, „welche fast durchgehends eine große Verbreitung haben und für keine bestimmte Stufe bezeichnend sind“, so:

Cinnamomum polymorphum A. Br.,
Cinnamomum Buchii Heer,
Cinnamomum Scheuchzeri Heer,
Cinnamomum Rosmäßleri Heer,
Rhamnus Eridani Ung.,
Rhamnus Decheni Web.,
Sapindus falcifolius A. Br.

Die weiteren Arten *Cassis phaseolites* und namentlich die *Myrica salicina* Ung. weisen jedoch auf seine zweite Stufe hin.

Weiter kommt noch vor: *Myrtus Diana* Heer, *Ficus ducalis* Heer und eine Akazienfrucht. —

Gümbel führt 1894 (S. 314) noch eine *Ulmus minuta* Gp. an. Gümbel und Ammon⁵⁸⁾ erwähnen von Hausham (Dach vom Flöz 5) neben Früchten von *Apeibopsis Laharpei*

⁵⁸⁾ G ü m b e l u. A m m o n, Über weitere Funde von Tertiärfossilien aus den bayerischen Alpen. Geogn. Jahresh. X. Jahrg., 1897, München 1898, S. 22.

Heer wieder *Dryandrodes hakeae folia*, *laevigata* und *Sapindus falcifolius*.

3 b. Die ältere bunte Molasse: Im Penzberger und noch mehr im Peissenberger Querprofil (Taf. II, Prof. 2 und 3) sahen wir in den tiefsten Teilen der Cyrenenschichten den nach Westen immer mächtiger werdenden Schichtenverband der bunten Molasse auftreten. Gumbel berichtet 1861 zuerst eingehender über sie, kann sich über ihre Natur aber anscheinend nicht klar werden. Wie schon im historischen Ueberblick angedeutet, nennt er sie bald eine Bildung in einem „tiefgründigen Meeresteil im Westen“, in dem sich „unendliche Massen von Geröllagen, Sand- und Schlammassen“ niederschlugen, wenige Seiten später aber wieder eine Süßwasserbildung⁵⁹⁾; in letztere Kategorie reiht er sie dann auch noch 1894 ein, während er sie hier an anderer Stelle auch wieder als brackisch bezeichnet.⁶⁰⁾

Ihrer Gesteinszusammensetzung nach besteht sie aus bunten, fleckigen, oft auch grau oder rot gefärbten, bald mehr tonigen, bald mehr kalkigen, meist jedoch (gegenüber der jüngeren bunten Molasse) ziemlich festen Mergeln und Sandsteinen, denen mehr oder weniger mächtige und in verschiedenen weiten Zwischenräumen auftretende Konglomerate eingeschaltet sind. Bei Penzberg kommen Konglomerate nur in der südlichen, der Murnauer Mulde vor; die bunte Molasse der nördlich vorliegenden Mulden ist frei von solchen. Im Peissenberger Profil erscheinen sie jedoch ebenso, wenn auch nur schwächer vertreten, in der mittleren, Rottenbucher Mulde. Westlich des Lechs kommen sie jedoch anscheinend überall bis in die nördlichen Teile der bunten Molasse, den übrigen Schichten mehr oder weniger häufig eingelagert, vor.

Flöze finden sich in der bunten Molasse nur verhältnismäßig selten vor. In dem genau bekannten Penzberger Profil wurden keine durchfahren; in der Murnauer Mulde und der Rottenburger Mulde des Peissenberger Profils zeigen sich jedoch solche mehrfach; die wenigen Flözwörkommen westlich des Lechs sind überhaupt wohl alle der bunten Molasse,

⁵⁹⁾ Gumbel, 1861, S. 684 und 689.

⁶⁰⁾ Gumbel, 1894, S. 313 und 325.

selbstredend in Begleitung von Süßwasserschichten; eingebettet.

An Fossilien finden sich in der bunten Molasse stets nur solche von Land- oder höchstens ab und zu von Süßwassertieren. Schon Güm bel ist dies aufgefallen.⁶¹⁾ Zumeist sind es *Helices*; auch *Clausilien* sind bekannt. *Planorbis* ist seltener. Andere Reste sind anscheinend noch niemals zum Vorschein gekommen. Auch unter dem Mikroskop zeigen sich diese Schichten stets fossilfrei. Ab und zu treten Blattreste auf.

Ihre Mächtigkeit ist bei Penzberg etwa 700 m, in westlicher Fortsetzung in der Rottenburger Mulde nach Gilfitzer bereits bis 1500 m.

Wird die bunte Molasse schon von Penzberg nach Peissenberg, weiter gegen Westen dann in rascher Weise immer mächtiger, so verlieren sich ihre Spuren gegen Osten zu, d. h. von der Loisach an, ebenso schnell. Ihr zugehörig kann man noch die bunten Mergel NO von Raimesau, sowie beim Bachbauer (zwischen Loisach und Isar) ansehen, die auch ungefähr gleich weit von der im Gelände so scharf hervortretenden Bausteinzone entfernt sind wie die bunte Molasse bei Penzberg.

Noch weiter gegen Ost finden sich Spuren bei Schneck, wo überdies auffallende Konglomerate auftreten, wie sie sonst nie im Bereiche der normalen Cyrenenschichten zu beobachten sind (von weiteren, gleich zu erwähnenden Fällen abgesehen). Auch diese Konglomerate dürfen daher wohl als Vertreter der sonst so konglomeratreichen bunten Molasse angesehen werden.

Der bunten Molasse ähnliche Gesteine finden sich endlich auch noch bei Glaswinkel, nordwestlich von Tölz.

Östlich der Isar treten erst wieder südlich von Reigersbeuern, im Bette des Rinnenbaches beim Müller im Reut (also im westlichsten Teile der Haushamer Mulde) in geringem Umfange derartige fleckige Mergel auf, die ganz jenen des Westens gleichen.

Endlich sind bunte Mergel noch im Mangfalltal unterhalb Mühlthal, also gleichfalls im Bereich der Haushamer Mulde, spurenweise zu bemerken. In östlicher Fortsetzung treten dann an mehreren Stellen in den Cyrenenschichten die schon früher erwähnten schwachen Konglomerateinlagen von

⁶¹⁾ Güm bel, 1861, S. 718, 721, 730 und 731.

Agatharied, Mösel und Hintereck auf, die auch in der Grube oberhalb Flöz 20 bekannt sind. Dazu kommen dann noch Konglomerate ober dem Flöz 8. Vielleicht können daher auch diese beiden vereinzelten Konglomerathorizonte, wenigstens aber der erstere, die im Mittel auch wieder etwa die gleiche Entfernung von der Bausteinzone besitzen, als äußerste östliche Vertreter der bunten Molasse mit ihrer reichen Konglomeratführung im Westen angesehen werden.

Im Bereiche der vorliegenden Nordmulden wurde bunte Molasse bei Bernloß, zwischen Isar und Mangfall, in einem 192 m tiefen Bohrloch vom 72. Meter an durchsunken. Zertrümmerte Schalenreste ließen hier auf *Helix* (oder *Planorbis*) schließen. Allerdings ist unbekannt, in welcher Schichtenstellung diese 120 m bunter Molasse durchbohrt sind, welche Mächtigkeit ihnen daher zukommt.

Schwache bunte Tonmergel mit zahlreichen *Helix*-Resten sind endlich westlich von Miesbach im Mangfalltale, oberhalb Müller am Baumt bekannt, die auch GümbeL schon erwähnt. Ihr Horizont ist hier jedoch leider nicht feststellbar; nur soviel ist sicher, daß sie den Cyrenenschichten unterhalb des Miesbacher Flözzuges eingeschaltet sind.

Eine Meeresbildung kann die bunte Molasse daher für keinen Fall sein, ebenso ist Brackwasser ausgeschlossen, da als Reste der Tierwelt immer nur *Helices*, *Clausiliæ*, höchstens noch *Planorbis* vorkommen. Die vielen Konglomerate deuten auf stark bewegtes, fließendes Wasser, das sie mit sich führte und zur Ablagerung brachte; die vorherrschenden Landschnecken auf ausgedehntes Festland.⁶²⁾

Wir können daher nicht gut anders, als uns das Gebiet der bunten Molasse als trockenes Land zu denken, mit einzelnen Wasseransammlungen und zu Zeiten reichlich fließenden, reißenden Gewässern. Ein nahes, aus seiner Zerstörung

⁶²⁾ Wolff läßt (a. a. O., S. 298) die bunte Molasse in einem großen Süßwasserbecken entstehen, Bärting (Molasse und Glacialgebiet des Hohen Peissenberges, Geogn. Jahresh., XVI. Jahrg., 1903, München 1905, S. 39) möchte sich dem anscheinend, wenn auch mit einigem Bedenken, anschließen; Stuchlik (Faciesentwicklung der südbayerischen Oligocämmolasse Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst. Wien 1906, Bd. 56, S. 297) dagegen nimmt wieder brackische Bildung an.

massenhaft Schutt lieferndes Gebirge müssen wir annehmen, davor jedenfalls ein flaches Vorland, das diese ausgiebige Verschotterung aufnahm.

Freilich begegnet auch diese Annahme nicht unerheblichen Schwierigkeiten; immerhin dürften sie noch die geringeren sein. Eine auffallende Analogie scheinen mir diese Gebilde auch mit den roten, stets fossilfreien Schiefertonen des obersten Karbon und des unteren Perm zu besitzen, für die ich seinerzeit nach allen ihren Eigenschaften gleichfalls zum Schlusse einer Landbildung gedrängt wurde.⁶³⁾

3.c. Die Kohlenflöze und ihre Kohle: Kohlenbildungen finden sich in unseren Cyrenenschichten seit der Übergangsperiode der Bausteinzone überall eingeschaltet; in weitaus den meisten Fällen allerdings nur als unbauwürdige Flöze bis herab zu den schwächsten Kohlenschmitzen.

In nachhaltiger Bauwürdigkeit bei entsprechender Ausdehnung haben sie sich, von kleineren Vorkommen (Au, Miesbach, Marienstein) abgesehen, bis jetzt nur an drei Stellen gezeigt, wo denn auch seit einem halben Jahrhundert und länger lebhafte Bergbaue auf sie umgeben: Hausham, Penzberg und Peissenberg, mit je etwa 300.000 Tonnen Jahresförderung.

Hausham baut auf einem Flözzug im tiefsten Teile der Cyrenenschichten, hart über der Bausteinzone, ähnlich auch wie die kleine Grube von Marienstein, südlich von Schäfflach; Penzberg und Peissenberg, nebst den ehemaligen Bergbauen von Au bei Aibling, und Miesbach, auf einem Hangendzug unmittelbar unter dem Quarzsandhorizonte.

Die Art des Flözvorkommens ist jedoch überall so ziemlich die gleiche.

In Hausham stehen bloß zwei Flöze (Nr. 3 „Großkohl“ und Nr. 4 „Kleinkohl“) in Betrieb. Obzwar sie nur 5 m bis

⁶³⁾ Vgl. K. A. Weithofer, Geologische Skizze des Kladno-Rakonitzer Steinkohlenbeckens. Verhandl. d. k. k. Geol. Reichsanst. Wien 1902, S. 414. — Derselbe, Die geologischen Verhältnisse der Steinkohlenablagerungen Böhmens. Ber. Allg. Bergmannstag Wien 1903, S. 355. — Derselbe, Die Steinkohlenablagerungen Böhmens. Sitzber. d. Deutsch. naturwiss.-med. Ver. f. Böhmen „Lotos“, Prag 1904, S. 1. — Derselbe, Neuere Probleme über die klimatologischen Verhältnisse der jüngeren Steinkohlenform. Mittel-europas. Verhandl. d. Naturf. Ver. Brünn, Bd. 44, 1905, S. 18.

9 m voneinander entfernt sind, waren die einer Kohlenbildung günstigen Verhältnisse zu den Zeiten ihrer Entstehung doch recht verschieden verteilt. Nur über eine Erstreckung von etwa 3·75 km sind sie in bauwürdiger Mächtigkeit übereinander entwickelt. Das ältere „Großkohl“ reicht in streichender Richtung gegen West weit über 3 km über das jüngere „Kleinkohl“ bauwürdig hinaus⁶⁴⁾, das letztere erstreckt sich dagegen, besonders in den tieferen Horizonten, wieder fast 1 km weiter gegen Ost.

Von Süden nach Nord, also von der ehemaligen südlichen Uferzone gegen das Beckenninnere zu, nimmt das Großkohl rascher an Mächtigkeit ab und ist bereits im Bereich der heutigen Baue am Nordflügel der Haushamer Kohlenmulde gänzlich unbauwürdig. Das Kleinkohl ist, wie der Name schon sagt, am Südflügel viel weniger mächtig, hält jedoch dafür mudeneinwärts viel länger an, ist überhaupt auch im ganzen Nordflügel bis zu Tage stets in noch bauwürdiger Mächtigkeit vorhanden.

Es treten daher in diesen kurz aufeinander folgenden Zeitperioden sehr erhebliche Verschiebungen in den der Moorbildung günstigen Verhältnissen ein.

Das Liegende des Großkohlflözes bildet ein dunkelgrauer, bituminöser Mergel, der *Planorbis* und *Melania Escheri* führt; Gumbel erwähnt von da auch *Melanopsis*, *Paludina* und *Unio*,⁶⁵⁾ also durchwegs Süßwasserformen. Gegen das Flöz zu nimmt er vielfach zahlreiche kleine, bis papierdünne Kohlenstreifen und -schüppchen auf. Ehe daher das Großkohlföz in einem Sumpfmoor zur Ablagerung gelangte, war bereits durch einige Zeit ein Süßwasserbecken vorhanden, in dem sich jener dunkle Schlamm mit *Melania*, *Planorbis* und dergleichen niederschlug.

Das Flöz selbst hat eine durchschnittliche Mächtigkeit von 1 m und nimmt gegen West und Ost allmählich ab. Während es jedoch gegen West immer schwächer und unregelmäßiger in seiner Ablagerung wird, ohne wesentlich unreiner

⁶⁴⁾ Der Abschluß ist heute noch nicht bekannt.

⁶⁵⁾ Bei Gumbels Flözprofil von Groß- und Kleinkohl im II. Bande seiner „Geologie von Bayern“, S. 340, ist zu beachten, daß es überkippt liegt, daher die jüngeren Schichten im Liegenden sich befinden.

zu werden; zerschlägt es sich gegen Ost durch immer zahlreichere Einschaltung von Stinkstein- und Mergelstreifen in immer schwächer werdende Bänke, bis es auf diese Weise ganz unbauwürdig wird. Auch diese Zwischenmittel erhalten hier, wie auch bei anderen Flözen, nur Süßwasserschnecken; das gleiche ist auch beim Flöz selbst der Fall, dessen Schichtflächen zuweilen mit *Planorbis*-Schalen bedeckt sind (jedoch auch *Helices* finden sich).

Das Hangende ist meist ein schwarzgrauer Mergel; stellenweise finden sich auch hier wieder *Melania Escheri*, *Planorbis*, *Unio*, auch *Helix* vor. Ein Süßwassersee ohne Moorbildung beschließt also das Flachmoor.

Dann folgen aber neuerdings Mergel und Sandsteine mit Cyrenen und Cerithien, in ihnen ein schwaches Zwischenflöz mit *Planorbis* und *Unio*. Der Süßwassersee wird daher brackisch, nicht ohne daß jedoch ein Rückschlag zum Süßwasser mit einer neuerlichen kurzen Flözbildungsperiode, in der sich wieder bloß Süßwassertiere finden, eintritt. Nach im ganzen nur 5 m bis 9 m lagert sich über dem Großkohl das Kleinkohlfloz ab.

Sein Liegendes ist ein 50 cm bis 1 m mächtiger, meist heller, gleichmäßiger, feiner Mergel, fossilfrei, nur unmittelbar gegen das Flöz zu wird er meist rasch dunkler bis schwarz, mit eingeschalteten feinen Kohlenstreifchen und -schüppchen, zwischen denen sich meist nesterweise *Melania Escheri*, *Paludina* und sonstiges Haufwerk von Süßwassertierresten findet. Wieder war daher vor Ablagerung des Flözes aus dem Brackwasser ein Süßwasserbecken geworden.

Das Flöz hat eine durchschnittliche Mächtigkeit von 50 cm bis 70 cm. Eine unmittelbar über ihm in seiner ganzen bekannten Erstreckung gelagerte 10 cm bis 30 cm starke Muschelbank besteht stellenweise fast ausschließlich aus Schalen von *Cyrena semistriata* und beweist, daß die Bildung des Flözes in dem Sumpfmoor diesmal durch einbrechendes Brackwasser mit reichem Tierleben plötzlich unterbrochen wurde. Das Moor wurde stellenweise an seiner Oberfläche aufgewühlt und mit Cyrenen in unregelmäßigen Lagen durchmengt.

Es folgt nun weiter ein bunter Wechsel von brackischen Cyrenenschichten mit eingelagerten unbauwürdigen Flözen; in

deren Begleitung vielfach wieder *Planorbis*, *Unio* und ähnliche Süßwasserschaltiere nachgewiesen werden konnten. Sie bedeuten daher immer vorübergehende Aussüßungen. Doch auch ohne Kohlenbildung finden sich Bänke mit derartigen Süßwasserfossilien, meist Stinkkalke; es gab daher auch Zeiten von Süßwasseransammlungen ohne Sumpf- und Moorbildungen. Oft genug gehen jedoch die Flöze nach einer Richtung in solche über. (Vgl. oben das über die östliche Fortsetzung des Großkohlflözes Gesagte.)

Ein ähnlicher Zusammenhang zwischen Kohle und Süßwasser läßt sich auch in Penzberg beobachten; die Flöze selbst und die sie begleitenden tauben Zwischenmittel führen ausschließlich Süßwasserschaltiere, ebenso meist das unmittelbare Liegende und Hangende. Stellenweise (zum Beispiel bei Flöz 16, Flöz 25) ist die ehemalige Moorbildung auch hier durch einbrechende Brackwasser gestört worden und Cyrenen und Cerithien finden sich reichlich im Dach der Flöze.

Wir sehen daher die Kohlenbildung innerhalb des allgemeinen Brackwasserzeitraumes stets an Süßwasser geknüpft. Es scheint aber daraus weiter zwingend hervorzugehen, daß wir für die Flöze eine *boden eigene* (autochthone) Entstehung annehmen müssen. Wären es lediglich Zusammenschwemmungen von Pflanzenmaterial aus dem Ufergebiet in das vorgelagerte Wasserbecken, so wäre ja nicht abzusehen, warum die Einschwemmung nicht auch im Brackwasser hätte erfolgen sollen, zumal ja letzteres viel häufiger da war. Das die pflanzlichen Niederschläge aufnehmende Wasser wäre dabei doch nur das Sekundäre, in seiner Beschaffenheit daher Gleichgültige. Da diese Niederschläge pflanzlicher Substanz aber stets an Süßwasser gebunden zu sein scheinen, muß dieses wohl auch das Bedingende, die primäre Voraussetzung zur Bildung derselben gewesen sein, das heißt es muß wohl auch als Entstehungsort angesehen werden.

Nach ihrer Ablagerung haben die Flöze sichtlich vielfach schwere Störungen erlitten. Durch die energische Zusammenfaltung des ganzen Schichtensystems muß zweifellos eine starke Verschiebung der einzelnen Gesteinsbänke gegeneinander stattgefunden haben. Sie dürfte dort am lebhaftesten gewesen sein, wo der Verschiebung der verhältnismäßig

geringste Widerstand entgegengesetzt wurde; und das werden wohl zumeist die damals auch noch sehr jungen und daher verhältnismäßig weichen Kohlenflöze gewesen sein.⁶⁶⁾ Wir finden daher auch tatsächlich in den Flözen bei ruhig weiterstreichendem Hangend und Liegend sehr häufig die weitgehendsten Störungen des Flözverbandes: Die Kohle erscheint durcheinander geknetet, gefaltet, stellenweise ganz ausgewalzt und nebenan wieder zu Kohlenanhäufungen zusammengeschoben. Zum Ausdruck kommt dies in stellenweise starken Schwankungen der Flözmächtigkeit, sowie in Unregelmäßigkeiten im inneren Flözverbande.

Es findet sich sehr häufig, daß der hangende oder liegende Teil des Flözes, oder beide, regelmäßig gebankt fortstreichen; auch die eingelagerten Stinksteinstreifen liegen regelmäßig und nur leicht gewellt. Dagegen ist der mittlere Teil des Flözes außerordentlich gestört und durcheinandergeknetet. Am augenfälligsten zeigt sich dies wieder, wenn hellere Stinksteineinlagerungen sich hier finden: Sie sind gekröseartig zusammen gewunden, vielfach vollständig zerborsten und die Fragmente ineinander geschoben und mit ihnen die anliegenden Flözpartien.

Es müssen starke Verschiebungen im Flöz selbst stattgefunden haben, die die hangenden Teile gegen deren Liegend in der Schichtungsebene weit verschoben. Stinksteintrümmer, wie die umliegenden Kohlenflözteile, sind nicht mehr gebankt, sondern zu unregelmäßigen, verschlungenen Schlieren und Putzen gepreßt und verzogen und meist harnischähnlich poliert. Auch Auswalzungen und damit Zerdehnungen des Flözes finden sich, dabei natürlich Zerreißungen der Stinksteinmittel, die dann stückweise, manchmal perl schnurartig hintereinander liegen. Sie treten abwechselnd mit Kohlenanhäufungen auf.

Letztere finden sich in einzelnen Flözen bis zu 10 m Mächtigkeit, so im Flöz 12 der Penzberger Mulde, sichtlich in die äußersten Muldenenden herausgepreßt. Hier wurde sogar das Liegende mit in mehrere Meter mächtige, enge Falten zusammengeschoben.

⁶⁶⁾ Vgl. meine Ausführungen hierüber in »Über Gebirgsspannungen und Gebirgsschläge«. Jahrb. d. k. k. Geol. Reichsanst. Wien. Bd. 64, 1914, S. 102.

Eine Reihe derartiger Störungen des Flözgefüges, die auf solche seitliche Verschiebung in der Flözfläche zurückzuführen sind, findet sich in der Österreichischen Zeitschrift für Berg- und Hüttenwesen, 48. Jahrgang, Wien 1900, Taf. XVI, abgebildet.

Schließlich sei noch des Vorkommens einer erdölartigen Flüssigkeit Erwähnung getan, die sich im Kleinkohl Haushalts an mehreren Stellen gefunden. Beim Abheben der Glanzkohlenstücke troff das Erdöl in Fäden beim jüngsten Funde ab; die ganze Stelle war angeblich etwa im Ausmaße von 1×0.5 m. Noch ehe sie bloßgelegt war, machte sich schon der erdölartige Geruch bemerkbar. In der Nachbarschaft war die Kohle normal und trocken.

Die Kohle: Die oberbayerische Pechkohle ist trotz ihres tertiären Alters auffallend steinkohlenähnlich, von tiefschwarzer Farbe und von hohem Glanze. Spröde, meist mehr oder weniger muschelig, doch auch eben brechend, zeigt sie in der Regel eine lagenweise Zusammensetzung, oft auch in ziemlich dicken Bänken gleichförmige Struktur, so daß die Kohle in einzelnen Flözen in manchmal 10 cm bis 20 cm (und mehr) hohen, ebenen, glänzenden Flächen quer auf die Bankung bricht.

Zumeist besteht sie durchaus aus Glanzkohle; oft jedoch wechseln mit dieser dünne Lagen von matterer Kohle ab, ähnlich wie bei der Steinkohle. Allerdings sind diese matteren Partien wohl vielfach nur auf unreinere Kohle zurückzuführen, die stellenweise sich lediglich als Schieferkohle bis Kohlenschiefer oder stark bituminöser schwarzer Stinkkalk erweist. Jedenfalls spielt hier Glanz- und Mattkohle nicht jene Rolle wie bei der Karbonsteinkohle.

Ab und zu sind die Schicht- und insbesondere die Klüftungsflächen der Kohle mit dünnen Kalkspathäutchen überzogen. Dies ist insbesondere bei der sogenannten Augen- oder Kreiselkohle der Fall, die an verschiedenen Stellen schon angetroffen wurde (Miesbach, Penzberg Flöz 16; nach Gumbel, 1894, S. 326, in Peissenberg Flöz 16; nach Bärtling, 1912, S. 16, im Kohlgrabenflöz bei Peissenberg). Ihre „Augen“ befinden sich dabei, so weit ich es beobachten konnte, stets

senkrecht zur Schichtung auf den Klüftungsflächen der Kohle.⁶⁷⁾

Der Strich oder das Pulver ist dunkelbraun.

Beispiele der elementaren Zusammensetzung ergeben folgende Analysen:

	C	H	O	N	S	H ₂ O	Asche
Hausham, Großkohl, Stück	65.—	4.63	13.83	3.46	8.52	4.56	
> Kleinkohl . .	62.39	4.84	13.69	3.49	8.11	7.48	
> > (Leizach)	61.65	4.66	14.95	3.06	9.17	6.21	
> Flöz 16 . .	58.66	4.85	18.42	5.62	2.56	11.41	
Miesbach, Würfelkohle .	53.37	4.08	13.14	5.09	15.04	9.28	
Penzberg, Flöz 3 . .	56.06	4.25	12.73	4.66	12.62	9.68	
> > 12 . .	56.27	4.25	12.50	6.07	11.26	9.65	
> > Haber .	57.09	3.74	11.52	5.02	14.98	7.65	
> Bauschanalyse	56.92	4.40	18.23 1.43	3.35	11.39	9.28	

Als Heizwert ergibt sich je nach der Sorte und dem Flöz ein solcher von 4500 bis 5800 Wärmeeinheiten, selbst über 6000 Wärmeeinheiten kommen vor. Die Kohle eignet sich gleich gut für Kesselfeuerung wie für Hausbrand.

Die Kohle ist nicht backfähig; sie liefert nur sandförmigen Koks (etwa 50%). Dagegen ist die Gasausbeute eine sehr hohe; wegen der starken Verunreinigung zufolge des hohen Schwefelgehaltes der Rohkohle ist das Gas zur Leuchtgasfabrikation jedoch nicht gut geeignet.

Ein ganz auffallendes Ergebnis lieferte ein größerer Versuch, durch Professor Bunte der technischen Hochschule Karlsruhe an der dortigen Lehr- und Versuchsgasanstalt ausgeführt. Er ergab zunächst in 100 kg Rohkohle eine Gasausbeute von 32 m³ bis 35 m³, bei einem Heizwert desselben von 4500 bis über 5000 Wärmeeinheiten; dabei entfielen auch 6.1 kg Teer und 521 g Ammoniak.

⁶⁷⁾ C. W. von Gümbel, Texturverhältnisse der Mineralkohlen. Sitzber. d. kgl. bayer. Akad. d. Wiss. 1883, München, I., S. 152 und 154. — A. Hofmann, Über „Kreis- oder Augenkohle“ in Braunkohlen- und Steinkohlenflözen. Sitzber. d. kgl. böhm. Ges. d. Wiss. Prag 1909, S. 6.

Noch bemerkenswerter waren für diese tertäre Kohle die Ergebnisse der Destillation des Teers. Es gingen, auf wasserfreien Teer berechnet, über:

- bis 170° C — 7.05 % Leichtöle
- > 230° C — 22.73 % Naphthalinfraktion
- > 270° C — 8.57 % schwere Öle
- > 320° C — 21.35 % Anthrazenöle
- Rest — 40.30 % Hartpech

Der Braunkohlenteer besteht hingegen nach Hinrichsen und Taczak⁶⁸⁾ „im wesentlichen aus flüssigen und festen gesättigten und ungesättigten Kohlenwasserstoffen der aliphatischen Reihe. Von aromatischen Verbindungen kommen neben Spuren Benzol und dessen Homologen noch Phenole in merklichen Mengen vor.“ Der wichtigste Bestandteil des Braunkohlenteers ist das Paraffin.

Als Destillate des Steinkohlenteers geben dieselben Autoren jedoch an:

- bei 75—170° — 2.5—6 % Leichtöle
- > 170—230° — 8—12 % Mittel- { Karbol- } Öle
Naphthalin- }
- > 200—300° — 10—12 % Schweröle
- > 250—400° — 12—20 % Anthrazenöle

Auch nach Donath⁶⁹⁾ enthält der Steinkohlenteer „vorwiegend Derivate der aromatischen Reihe, Benzol, Naphthalin, Anthrazen. . . Die teerigen Produkte der trockenen Destillation bei den Braunkohlen sind wesentlich andere; es treten zwar auch sauerstoffreiche Derivate der aromatischen Reihe auf (Benzol und Phenole), aber die Kohlenwasserstoffe der aromatischen Reihe treten vollständig im Teer zurück, während Kohlenwasserstoffe der aliphatischen Reihe, namentlich Paraffin, vorwiegend sind“.

Der Unterschied scheint nach neueren Forschungen allerdings zum nicht geringen Teile auf der stark abweichenden Temperatur zu beruhen, unter der Braunkohlen- und Steinkohlenteer erzeugt wird. Auch letzterer, bei niedriger Tem-

⁶⁸⁾ F. W. Hinrichsen und S. Taczak, Die Chemie der Kohle. Leipzig 1916, S. 431 und 465.

⁶⁹⁾ E. Donath, Zur chemischen Charakteristik der Braunkohlen. Österreichische Chemiker-Zeitung, Nr. 10, 1912. — Ebenso: E. Donath, Was ist Steinkohle? Ebenda, Nr. 24, 1911. — E. Donath, Über die Arsakohle von Carpano in Istrien. Chemiker-Zeitung, Cöthen 1912, Nr. 116, S. 1128.

peratur gewonnen, zeigt wesentlich verschiedenen Charakter. „Während bei hohen Destillationstemperaturen von 1000° bis 1200°, wie sie in Koksöfen und in den Retorten der Gasanstalten angewendet werden, Teer mit vornehmlich aromatischem Charakter gebildet wird, entsteht bei niederen Temperaturen (300° bis 500°) ein Teer, der sich fast ausschließlich aus Stoffen der Fett-, Naphthen- und hydroaromatischen Reihe zusammensetzt“, oder an anderer Stelle ein Teer, der „beträchtliche Mengen von Körpern der Fettreihe enthält.“^{69a)}

Auch das Ergebnis der Vakuumdestillation des Steinkohlenteeres bei niederer Temperatur, wie sie besonders von Wheeler und Pictet studiert wurde, faßt Gluud^{69b)} dahin zusammen, daß deren wichtigstes Erzeugnis, der Teer, „dem gewöhnlichen Steinkohlenteer vollständig unähnlich ist. Gerade die typischen aromatischen Verbindungen fehlen dem Vakuumteer fast ganz. An ihre Stelle treten Naphthene . . .“, nach Fr. Fischer und Gluud^{69c)} Naphthene, auch viskose Öle und festes Paraffin. Das sonst so charakteristische Naphthalin und Anthrazen fehlt hingegen gänzlich. Pictet hat dann weiter gezeigt,^{69d)} daß diese Destillate des Tieftemperaturteeres, durch glühende Röhren geleitet, also bei entsprechend großer Hitze, in gewöhnlichen Teer wieder übergehen.

Der bisher in chemischer Beziehung sehr scharf gefaßte Unterschied zwischen Steinkohle und Braunkohle scheint dadurch auch auf diesem Gebiete sehr erheblich zu verschwinden.

Auf ein ähnliches Verhalten in dieser Hinsicht habe ich bei einer mit der unsrigen gleichalterigen Kohle, der von Lupeny im Zsyltale in Siebenbürgen, hingewiesen.⁷⁰⁾ Aus dieser wird schwefelsaures Ammoniak und besonders Benzol

^{69a)} H. Gröppel in: Gesammelte Abh. z. Kenntn. d. Kohle, herausg. von Fr. Fischer, I. Bd., Berlin 1917, S. 92 u. 93.

^{69b)} W. Gluud, Die bisher vorliegenden wissenschaftlichen Ergebnisse der Steinkohlendestillation bei niedriger Temperatur und niedrigem Druck. »Güterkauf«, Essen 1916, S. 444.

^{69c)} Fr. Fischer und W. Gluud in: Gesammelte Abh. z. Kenntn. d. Kohle, Bd. I, 1917, S. 119.

^{69d)} Pictet, Ber. d. Deutsch. chem. Gesellsch., Bd. 46, 1913, S. 3346.

⁷⁰⁾ K. A. Weithofer, Beiträge zur Kenntnis fossiler Kohlen. Zeitschr. f. prakt. Geol. 22. Jahrg., 1914, S. 258.

sogar im großen gewonnen. Sie reiht sich trotz ihres jung-oligozänen Alters in ihrem chemischen Verhalten daher vollständig der echten Steinkohle an.

Siedende Kalilauge wird durch unsere Kohle tief rotbraun gefärbt, ebenso ergab sie in 10% Salpetersäure, nach Donath gekocht, das von diesem für Braunkohlen angegebene dunkle Gelbrot oder Rot.⁷¹⁾

Sichtbare Pflanzenreste, aus denen man das ursprüngliche Material der Kohle erkennen könnte, sind in derselben fast gar nicht vorhanden. Auch Liegend und Hangend, die ja bei den Steinkohlen oft so reichlich Pflanzenreste führen, sind frei von solchen. Höchstens daß man ab und zu Baumstämme als große Seltenheiten als Begleiter der Flöze gefunden hat.

Was an Pflanzenabdrücken dieser Periode bisher bekannt wurde, gehört meist den begleitenden Sandsteinen und Mergeln an. Es sind vorwiegend Laubbäume, auch Coniferen, sowie sonst fast alle Pflanzenfamilien.⁷²⁾

Bei entsprechender Vorbereitung scheint jedoch die Kohle selbst nach Gümbele⁷³⁾ trotz ihrer Glanzkohlenatur „durch und durch aus mit Textur versehenen Pflanzen-, hauptsächlich Holzteilen zusammengesetzt zu sein und eine texturlose, dem Dopplerit analoge Substanz nur beigeordnet als Ausfüllungsmasse in und zwischen den Pflanzenteilen zu enthalten“. Die Holztextur ist besonders in den Glanzkohlenlagen sehr bestimmt nachweisbar, „so daß mit großer Wahrscheinlichkeit das Vorkommen stark glänzender Pechkohlen an das Vorherrschen von Holzparenchym oder parenchymatischem Grundgewebe und von Holzsubstanz überhaupt gebunden ist“. In der Mattkohle sind nach ihm hingegen „Blätter in besonders großer Menge angehäuft“.

4. Promberger Schichten (oberer Teil der unteren Meeresmolasse). Im Jahre 1899 wurde vom Verfasser⁷⁴⁾ zuerst auf diese Schichtengruppe als den oberen

⁷¹⁾ K. A. Weithofer, ebenda, S. 254 und 255.

⁷²⁾ Vgl. Osw. Heer, Die tertiäre Flora d. Schweiz. Winterthur 1857—1859.

⁷³⁾ A. a. O., 1883, S. 153.

⁷⁴⁾ K. A. Weithofer, Zur Kenntnis der oberen Horizonte der oligozänen Brackwassermolasse Oberbayerns. Verhandl. d. k. k. geol. Reichsanst., Wien 1899, S. 271.

Quarzsanden der Cyrenenschichten unmittelbar und gleichförmig auflagernd hingewiesen, sowie auf den Umstand, daß sie eine Fauna führen, die sich nach heutiger Kenntnis eigentlich in nichts von jener der unteren marinen Molasse unterscheidet. Auf die vollständige Analogie dieser Schichtenfolge sowie der enthaltenen Fossilien mit den Graner Cyrenenschichten und dem *Pectunculus*-Sandstein wurde dabei hingewiesen.

Diese Schichten besitzen in der Nonnenwaldmulde der Penzberger Grube, wo sie zuerst und am einwandfreisten festgestellt werden konnten, eine Mächtigkeit von etwa 400 m; es gelang, sie jedoch noch an mehreren Stellen bei gleicher Schichtenfolge nachzuweisen, so in den Schurfbauen bei Promberg und Höfen, obertags an der Loisach bei Nantesbuch, im Isartal nördlich von Tölz; im Jahre 1902 konnte ich sie auch im Heimberggraben des Leizachtales nach allerdings undeutlichen Tagaufschlüssen auffinden, sowie besonders schön bloßgelegt im Mangfalltal unterhalb Neumühl (westlich von Miesbach).

Als dann im Jahre 1911 der große Wasserstollen der Oberbayerischen Überlandzentrale den Heimberggraben senkrecht auf das Schichtenstreichen verquerte, schloß er auch die oben erwähnten Promberger Schichten in normalem Schichtenverband mit einer Mächtigkeit von etwa 320 m mit reicher Fossilführung auf. Sie bestanden hier aus grauen, festen Mergeln, die ersten 100 m einfärbig grau und fast ohne jede Schichtung, die letzten 200 m hellstreifig und gut geschichtet.

Überall folgen sie unmittelbar dem oberen Quarzsand; im Leizachtal ist nur ein schwaches Kohlenflözchen zwischen geschaltet, im Isartal finden sich hingegen die marinen Fossilien sogar schon in den allerobersten Lagen des Sandes selbst.

Das Vorkommen im Mangfalltal kannte übrigens schon Gumbel,⁷⁵⁾ hielt es jedoch für eine „Sattelaufbiegung“ der unteren Meeressmolasse. Aus der Nonnenwaldmulde von Penzberg erwähnt Ammon⁷⁶⁾ 1897 bereits ihm von der Gruben-

¹⁵⁾ Güm b e l, 1894, S. 324.

¹⁶⁾ v. Ammon, Über weitere neue Funde von Tertiärfossilien aus dem bayerischen Alpenvorlande. Geogn. Jahresh. X. Jahrg., München 1898, S. 22. — Gumbel glaubte schon 1894 (Geologie von Bayern, II, S. 326) hier Spuren der oberen Meeresmolasse erkennen zu können.

verwaltung übergebene Fossilreste, die er als *Flabellum*, *Pecten aff. Burdigalensis*, *Pectunculus aff. obovatus*, *Pholadomya Puschi*, *Cyprina* sp. und *Nautilus* sp. bestimmt; der Frage nach dem Alter der Schichten tritt er jedoch weiter nicht näher.

Westlich von Penzberg wurden Promberger Schichten bei Bad Sulz, am Fuße des Hohen Peissenberges, nachgewiesen. Es wurde schon eingangs erwähnt, daß Emmerich diese Schichten der unteren Meeresmolasse gleichstelte. Nachdem die Verhältnisse von Penzberg geklärt waren, gelang es 1903 Bärtling,⁷⁷⁾ im Sulzer Steinbruch neuerdings Promberger Fossilien zu entdecken und damit das Vorkommen dieses Horizontes auch hier festzustellen. 1912 glaubte er⁷⁸⁾ ihn auch noch weiter westlich bis zur Steinfallmühle erkennen zu können.

Nach Koehne⁷⁹⁾ sind die Promberger Schichten bei Peissenberg weniger scharf abgegrenzt und im Gegensatz zu der mehr mergeligen Ausbildungart bei Penzberg und weiter im Osten fast ausschließlich als Sandsteine entwickelt. Auch brackische Einlagerungen sollen sich hier finden.

Als Fossilien zählt Bärtling aus den Promberger Schichten des Sulzer Steinbruches folgende auf:

- Area* sp.,
Pectunculus cf. latiradiatus Sdbg.,
Cardium Heeri May.-Eym.,
Cardium cingulatum Gldf.,
Adacna sp.,
Cyprina rotundata A. Br., sehr zahlreich,
Cytherea incrassata Sow.,
Tellina Nysti Desh.,
Lutraria soror May.-Eym.,
Panopaea Menardi Desh.,

⁷⁷⁾ Bärtling, Die Molasse des Hohenpeissenberges etc. Geogn. Jahresh. XVI. Jahrg., 1903, München 1905, S. 46.

⁷⁸⁾ Bärtling, Zur Tektonik des Hohenpeissenberges. Zeitschr. f. prakt. Geol. XX. Jahrg., 1912, H. 3.

⁷⁹⁾ Koehne, Über die neueren Aufschlüsse im Peissenberger Kohlenrevier. Geogn. Jahresh. 1909, XXII. Jahrg., München 1910, S. 311. — Ebenda, XXIV. Jahrg., 1911, S. 212.

Pholadomya Puschi Goldf., var. *trigona* Wolff,
Xenophora cf. *scrutaria* Phil.,
Ficula condita Brug.

Nach den eigenen Aufsammlungen des Verfassers bestimmten nachträglich Oberbergrat v. Ammon⁸⁰⁾ aus Penzberg und Professor Rothpletz⁸¹⁾ aus dem Mangfall- und Isartal folgende Arten:

Nach v. Ammon:

Pecten cf. *Burdigalensis* Lam.,
Pectunculus obovatus Lam.,
Cardium cingulatum Gldf.,
Psammobia aquitanica May.-Eym.,
Cytherea cf. *Beyrichi* Semp.,
Pholadomya Puschi Goldf.,
Cyprina cf. *rotundata* A. Br.,
Nucula Lyelliana Brongn.,
Lucina sp.,
Nautilus sp.,
Flabellum sp.,
Turritella Sandbergeri May.-Eym.

Nach Rothpletz:

Pectunculus latiradiatus Sandbg.,
Isocardia subtransversa d'Orb.,
Cyprina rotundata A. Br.,
Cardium Bojorum May.-Eym.,
Cardium cingulatum Goldf.,
Cardium comatum Brongn.,
Venericardia tuberculata v. Münst.,
Cytherea Beyrichi Semp.,
Cytherea erycina Lam.,
Cytherea umbonaria Lam.,
Cytherea incrassata Sow.,
Cryptodon (Lucina) unicarinatum Nyst.,
Panopaea Meynardi Desh.,
Pholadomya Puschi Goldf.,

⁸⁰⁾ L. v. Ammon, Über *Daemonhelix* etc. Geogn. Jahresh. 1900, XIII. Jahrg., München 1901, S. 61.

⁸¹⁾ In Weithofer, Einige Querprofile etc. Jahrb. d. k. k. Geol. Reichsanst. Wien 1902, Bd. 52, S. 46, 51 und 57.

Psammobia protacta May.-Eym.,
Nucula peregrina Desh.,
Nucula cf. piligera Sandb.,
Nucula aff. comta Goldf.,
Corbula cf. longirostris Desh.,
Natica Josephinia Risso,
Cerithium margaritaceum Sow.,
Turritella quadriangularis Sandb.,
Turritella Sandbergeri May.-Eym.,
Fusus fasciatus Wolff,
Cassidaria Buchi Boll.,
Dentalium sp.,

Die bezeichnendsten und häufigsten Formen sind eine Wiederholung jener der unteren Meeresmolasse.

An Foraminiferen konnte Liebus aus den ihm über-sandten Schlämmproben 50 Arten bestimmen, die sich gleichfalls zum grossen Teil in der unteren Meeresmolasse wiederfinden.

5. Jüngere Ablagerungen, an die Cyrenenschichten oder die Promberger Schichten in unmittelbarer Folge anschließend: In dem schönen Aufschluß des bereits mehrfach erwähnten großen Wasserstollens im Leizachtal folgen den Promberger Schichten, unmittelbar und gleichförmig aufgelagert, wieder etwa 150 m typische Cyrenenschichten. Die Zusammensetzung aus vorwiegend Mergeln und Sandsteinen, mit eingelagerten schwachen Flözchen ist die gleiche wie bei Hausham und Miesbach. Auch hier fand sich wieder *Cyrena semistriata*, *Cerithium margaritaceum* und *plicatum*, *Ostrea* sp., *Cardium* (ähnlich dem *Cardium Heeri*), stellenweise Unionen.

Zur genaueren Bezeichnung mögen sie Heimb erg-schichten genannt werden.

Die große Nordstörung schneidet an dieser Stelle dann die weitere Entwicklung des fortlaufenden Profiles ab.

Bei Penzberg wies ich bereits im Jahre 1899 darauf hin, daß „als offenbar jüngstes Glied der Nonnenwaldmulde in einer kleinen, schmalen und seichten Einlagerung beim Gehöfte Daser ein bloß 15° N-fallendes Flöz mit 15 cm Stinkstein und 15 cm Kohle“ vorkommt, wobei knapp nördlich,

jenseits des Brünnlesbaches die Schichten bereits wieder nach Süden fallen, was „hier daher einer neuerlichen Aussüßung von unbekannter Dauer entspricht“. Fossilien sind mir aus diesen alten Aufschürfungen nicht bekannt geworden, möglich daher, daß auch Cyrenenschichten vorkommen.

Bei Peissenberg liegen, wie bereits schon durch Gümbel bekannt, südlich der flözführenden Cyrenenschichten über dem Quarzsandsteinhorizonte, also im Hangenden desselben, außerordentlich mächtige Schichten von bunter Molasse. Gümbel hielt sie, seiner Auffassung einer überkippten Lagerung der Peissenberger Schichten entsprechend, für die normale, den Cyrenenschichten eingeschaltete oder sie hier unterlagernde untere bunte Molasse.

Nachdem die Anschaugung einer Überkippung nicht mehr haltbar war, wies ich 1902 auf das Ungeklärte dieses Schichtenvorkommens hin, da sie ja hier an der Stelle der marinen Promberger Schichten Penzbergs sich befinden.

Hinreichendes Licht brachte jedoch schon im nächsten Jahre Bärtling, indem er, wie bereits erwähnt, über den Cyrenenschichten Peissenbergs in dem bekannten Sulzer Steinbruch die charakteristischen Fossilien der Promberger Schichten auffand und damit diesen wichtigen Horizont hier einwandfrei nachwies. Zugleich betonte er aber, daß weiter im Westen (im Kohlgraben und im Eierbachgraben) statt der Promberger Schichten die bunte Molasse unmittelbar und konkordant den Cyrenenschichten als jüngstes Glied auflagere.

Da die bunte Molasse hier aber in außerordentlicher Mächtigkeit auftritt (nach Koehne etwa 1000 m), muß sie auch die in unmittelbarer Nachbarschaft auskeilenden Promberger Schichten überlagern. Sie ist ja auch tatsächlich südlich — also im Hangenden — des Sulzer Steinbruches vorhanden und besonders in der dortigen Tiefbohrung nachgewiesen. Sie entspricht hier daher etwa den geschilderten Heimb ergschichten des Leizachstollens oder dem Flözvorkommen beim Daser in Penzberg.

Im Gegensatz zur älteren bunten Molasse mit ihren harten und festen Kalkmergeln sind die Schichten dieser jüngeren oder oberen bunten Molasse viel weicher, toniger. Konglomerate kommen nur vereinzelt vor; so wird

von Bärtling und Koehne insbesondere einer derartigen Bank Erwähnung getan, die sich auf längere streichende Erstreckung quer durch die vorher genannten Gräben verfolgen läßt.

Auch Pechkohlenflöze finden sich eingelagert, so eines im Unterbaustollen der Peissenberger Grube, ein weiteres im Kohlgraben und nach Bärtling auch jenes im Krebsbachl, das er mit dem Kohlgrabenflöz als identisch ansieht. Im Gegensatz zu Stuchlik, der diese Kohlenbänke stets von Cyrenenschichten begleitet sein läßt,⁸²⁾ wird von Bärtling und Koehne nachdrücklich betont, daß Reste solcher brackischer Konchylien sich nie finden, sondern stets bloß, und oft massenhaft, *Helix*-Schalen.

Letztere kommen übrigens mehrfach auch sonst in einzelnen Bänken vor, die sich „meist durch eine bläulichgraue Färbung des Mergels“ auszeichnen.⁸³⁾

Es wurde sogar der Versuch gemacht, sie zu einer Unterteilung der jüngeren bunten Molasse zu benutzen. Danach soll sich nach W. Koehne⁸⁴⁾ in derselben südlich des Hohen Peissenberges folgende Gliederung durchführen lassen (von oben nach unten):

Gefleckte Mergel,	
Bituminöser Kalkstein (einige Zentimeter mächtig),	
Obere <i>Helix</i> -Schicht, dunkelgraue Mergel (einige Dezimeter mächtig),	
Mergel und Sandsteine	30 m
Kohlgrabenflöz : Hangendes : Hellgraue Mergel ; das Flöz 28 cm mächtig, aus wechselnden Lagen von Kohle und Stinkstein bestehend ; Liegendes: Graue Mergel mit <i>Helix</i> (mittlere <i>Helix</i> -Bank),	
Gefleckter Mergel mit wenig Sandsteinbänken	200 m
Bank konglomeratischen Sandsteins (einige Dezimeter mächtig)	

⁸²⁾ H. Stuchlik, Faziesentwicklung der südbayerischen Oligozänmolasse. Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst. Wien 1906, 56. Bd., S. 303.

⁸³⁾ R. Bärtling, Zur Tektonik des Hohen Peissenberges. Zeitschr. f. prakt. Geol. XX. Jahrg., 1912, S. 3 (des Sep.).

⁸⁴⁾ W. Koehne, Die neueren Aufschlüsse im Peissenberger Kohlenrevier. Geogn. Jahresh. 1909, XXII. Jahrg., München 1910, S. 312.

tig), auf 2,5 km streichende Länge verfolgt vom Kohlgraben bis zur Schnalzhüttenstraße,

Gefleckte Mergel mit Sandsteinbänken 350 m

Dunkelgrauer Mergel mit *Helix* und Pflanzenresten, einige Dezimeter mächtig, auf über 6 km streichende Länge verfolgt (= untere *Helix*-Bank),

Wechsellagerung von rotpunktierter Sandsteinen mit gelb-, grau- und rotgefleckten Mergeln 350 m

Darunter feste und weichere Sandsteine, den Promberger Schichten entsprechend.

Die jüngere bunte Molasse erreicht nach ihm eine Mächtigkeit von etwa 1000 m.

Nach Gillitzer⁸⁵⁾ ist jedoch diese Untergliederung durch *Helix*-Tone „hinfällig, da sich sowohl in unserem als auch im Kohlgrabengebiet von Peissenberg an ganz beliebigen Stellen beliebig viele *Helix*-Schichten beobachten lassen“. Auch nach ihm gilt „als vornehmlichstes Charakteristikum der oberen bunten Molasse“ gegenüber der älteren der „überwiegende Tongehalt“, mit „Fleckung und Flammung von lebhaft gelb und grün“; dunkles Rot kommt in einigen wenigen Zwischenbänken vor, während bei der unteren bunten Molasse die „Rotflamming über größere Schichtenkomplexe sich durchgehend erstreckt und den vorherrschenden Farbton bildet“. „Sehr zurücktretend gegen die Tonschichten sind hier die Sandsteine und Konglomerate.“ — *Helix*-Tone von dunkelgrüner bis schwärzlicher Farbe, bisweilen beträchtlichen Kohlengehalt aufnehmend, so daß oft unreine Kohlenflöze entstehen, treten in verschiedenen Abständen auf. Neben den massenhaften *Helices* kommt in manchen Tonschichten auch eine größere *Paludina* cf. *pachystoma* vor, Blattreste, sowie, wenn auch selten, *Anodonta* oder *Unio* in großen Formen.

In der von ihm behandelten Rottenbucher Mulde, südlich von Peissenberg, bildet diese jüngere bunte Molasse die innerste (jüngste) Muldenausfüllung, mit einer Mächtigkeit von nahezu 500 m.

In normaler Weise, im Hangenden der Quarzsande, ist

⁸⁵⁾ G. Gillitzer, Geologie des Südgebietes des Peissenberger Kohlenrevieres etc. Jahrb. d. k. k. Geol. Reichsanst. Wien 1914, 64. Bd., S. 172.

endlich jüngere bunte Molasse auch am Bühlach bei Peiting, westlich von Peissenberg, aufgeschlossen.⁸⁶⁾

Weiter westlich fehlen Anhaltspunkte zu ihrer Feststellung, da Cyrenenschichten bisher noch nicht nachgewiesen wurden, diese aber wohl das maßgebendste Kriterium ihrer Scheidung von der älteren bunten Molasse darstellen.

Nicht unerwähnt soll schließlich bleiben, daß solche weiche Schichten einer bunten Molasse auch mehrfach unmittelbar an und in der breiten Störungszone gefunden wurden, die die oligozäne Molasse von der miozänen trennt. Sie wurden nach den Berichten und Zeichnungen von Stuchlik, Bärtling und Koehne an verschiedenen Stellen in Peissenberg in der Gegend der großen Störung in der Grube (wohl auch obertags) angefahren, ebenso auch in Penzberg, wie wahrscheinlich auch am Bühlach⁸⁷⁾ und schließlich in ausgedehntestem Maße und am klarsten beobachtet im Leizachwasserstollen. Sie führten auch hier viele *Helices* und erfüllten zusammen mit Trümmern von Cyrenenschichten und Quarzsanden in buntem, wechselndem Durcheinander die etwa 250 m breite Störungszone.

Ich habe es seinerzeit als unklar dahingestellt,⁸⁸⁾ ob diese ausschließlich *Helix*-Reste führenden Trümmer weicher, geflammter Tonmergel, die mit Cyrenenschichten so innig gemengt sind, etwa noch der in normaler Schichtenfolge hier nicht mehr vorhandenen jüngeren bunten Molasse zuzuzählen sind. Die innige Mengung mit Trümmern von Cyrenenschichten einerseits, sowie anderseits der Umstand, daß die miozäne Süßwassermolasse, die ja ähnlich entwickelt ist, durch eine ziemlich mächtige Schichtenfolge von oberer Meeresmolasse (nahezu 1 km) von der Störungszone an dieser Stelle getrennt ist, läßt aber vielleicht die Vermutung zu, daß wir es hier mit Resten der oligozänen jüngeren bunten Molasse zu tun haben, die also hier den vorhandenen Cyrenenschichten (Heimbergschichten) doch erst folgen müßte.

⁸⁶⁾ K. A. Weithofer, Entwicklung der Anschauungen über Stratigraphie und Tektonik im oberbayerischen Molassegebiet. Geol. Rundschau, Bd. 5, 1914, S. 74.

⁸⁷⁾ Weithofer, ebenda, S. 74.

⁸⁸⁾ Weithofer, 1912, S. 351.

Damit ist die Reihe der älteren, oligozänen Ablagerungen abgeschlossen.

Eine große Dislokation — Überschiebung — trennt sie von den nördlich derselben gelegenen miozänen Molasse-schichten. Noch niemals ist eine Spur je eines der beiden Schichtsysteme jenseits der Überschiebung gefunden worden. Es ist daher von vornherein zu erwarten, daß die Schichtenfolge keine ununterbrochen fortlaufende ist; einzelne Glieder werden fehlen. In der Tat bezeichnet zum Beispiel v. Am-mon⁸⁹⁾ die unmittelbar jenseits (nördlich) der Störung im Isarprofil folgenden Schichten als Mittelmiozän. Vom Unter-miozän hätten wir demnach hier keine Kunde.

Etwas tieferes Horizonte des Miozäns scheinen dagegen im Kaltenbachgraben bei Au, südlich von Aibling, vorhanden zu sein.⁹⁰⁾ Doch bedarf dieses Vorkommen sichtlich noch einer genauen Überprüfung und Durcharbeitung.

Zusammenfassung: Im Laufe der Wandlung der Oligozänzeit sehen wir unser Voralpenland nach einer zurzeit unbekannten unmittelbaren Vergangenheit mit Meereswasser bedeckt. Im Osten sind es zunächst mächtige Schlamm-bildungen einer tieferen See, der zuletzt mehr sandige, sogar konglomeratische Bildungen eines küstennahen Meeres folgen. Die See wird im Bereiche der uns heute zugänglichen Ablagerungen in der Folge immer seichter. Westlich der Loisach etwa treten diese Schlammabsätze eines tieferen Meeres immer mehr zurück, sie werden in dieser Richtung von mehr sandigen, vielfach grobkörnigeren Gebilden abgelöst, welche darauf hindeuten, daß hier wohl stets seichteres Meer gewesen. Über den Lech hinaus werden die Spuren dieser einstigen Meeresbedeckung immer unsicherer, am Nordfuß des Grünten wurden jedoch noch typische Fossilien derselben gefunden, so daß sie mindestens bis hieher sichergestellt ist. Bis zur Iller läßt sich nach G ü m b e l die untere Meeresmolasse „in sehr bescheidenen, oft kaum bemerkenswerten Lagen, dem älteren

⁸⁹⁾ v. G ü m b e l und v. A m m o n, Das Isarprofil etc. Geogn. Jahresh. X., 1897, München 1898, S. 16.

⁹⁰⁾ v. G ü m b e l, Die miozänen Ablagerungen im oberen Donau-gebiete. Sitzber. d. k. Akad. d. Wiss. Wien, math.-naturwiss. Kl., 1887, S. 270 ff. — D e p é r e t, Sur la classification et le parallélisme du Système miocène. Bull. Soc. géol. de France. 3. Sér., 21. Bd., Paris 1894, S. 170.

Gebirgsrand eng angeschmiegt," wenigstens der Gesteinsbeschaffenheit nach meist noch gut nachweisen, westwärts der selben „verwischen sich in den dicht aneinander gedrängten Molasseketten die Spuren dieser älteren Ablagerungen".⁹¹⁾

Gleiches ist im weiteren Verlauf in der Schweiz der Fall, wo auch nur an wenigen Orten eine kümmerliche Fauna das Auftreten einer solchen älteren Meeresmolasse anzeigt.

Nach diesem Befund ist es höchst unwahrscheinlich, daß die Salzwasserzufuhr etwa vom Westen her erfolgte; alles deutet vielmehr darauf hin, daß dies von Osten her geschehen sein mußte, da sich' nur da im Osten die reichsten und ausgiebigsten Ablagerungen eines zuerst sogar ziemlich tiefen Meeresarmes befanden. Freilich kennen wir dessen Fortsetzung über Traunstein gegen Osten zu nicht, haben aber für einen anderen Zufuhrweg nicht den geringsten Anhaltspunkt.

Es ist selbstredend, daß unsere ältesten Tiefseeablagerungen auch eine küstennahe Region innerhalb des ja nicht allzu breit anzunehmenden westöstlichen Meeresarmes gehabt haben müssen, die dann näher gegen den Süden zu zu suchen ist. Doch ist von dieser etwaigen südlichen Uferzone bei der Aufrichtung und späteren Abrasion der südlichen Mulde keine Spur übriggeblieben.

Ob das Seichterwerden dieses Meeresarmes auf allmäßliche Ausfüllung zurückzuführen ist oder durch Gebirgsbewegungen im Süden hervorgerufen wurde, muß dahingestellt bleiben; die reiche Konglomeratbildung deutet aber vielleicht auf Vorgänge letzterer Art hin, insbesondere da plötzlich solche Mengen dem heutigen Gebirgsrande fremder, quarziger und Urgebirgsgesteine zur Ablagerung gekommen waren.

Mitten in dieser konglomeratischen Periode muß auch eine zunächst wechselnde Abschnürung unseres Meeresarmes im Osten erfolgt sein, so daß die Süßwasserzufuhr in denselben mehr zur Geltung kommt und plötzlich brackische Gebilde auftreten. Mehrfache Rückschläge mit neuerlichen Eröffnungen von Zugängen zum östlichen offenen Meere erfolgten, wurden wieder verengt, bis letztere Verengerung die vorherrschende blieb und für lange Zeit wesentlich nur Brackwasserabsätze erfolgten (Cyrenenschichten). Auch dies ist viel-

⁹¹⁾ Gumbel, 1894, S. 323 und 313.

leicht auf die vielfache Gebirgsbewegung jener Zeit zurückzuführen.

Zuvor waren auch schon die Ursachen der lebhaften Konglomerathbildung weggefallen. Ruhige Wässer beherrschten weiter die brackischen Ästuarien. Zeitweise wurden diese nun entweder durch vorübergehende völlige Abschnürung vom Meere oder durch viel reichlichere Süßwasserzuführung vollkommen ausgesüßt. Ausgedehnte Binnenwässer oder Sumpfe bedeckten dann unser Gebiet, das an hiezu geeigneten Stellen mit einer üppigen tropischen oder subtropischen Sumpfflora bestanden war, deren Reste sich vielfach zu Flachmooren und später zu Kohlenflözen anhäuften.

Wenn auch in unserem bayerischen Molassegebiet Pflanzenfunde recht spärlich sind, so haben sich solche um so reicher in gleichalterigen Schichten der Schweizer Molasse gefunden, aus denen wir uns, insbesondere seit sie durch O. Heer⁹²⁾ eine so glänzende Bearbeitung gefunden, ein lebhaftes Bild der damaligen Flora, und damit auch der physikalischen Verhältnisse des Landes und des Klimas, machen können. Nach ihm lassen die Pflanzen ein Minimum einer mittleren Jahrestemperatur von 18° bis 20° C annehmen. Eine Reihe von Vertretern überschreitet heute den Wendekreis nicht; zahlreicher sind jedoch solche der warmen gemäßigten Zone. Die Temperatur nimmt jedoch innerhalb der Molassezeit merklich ab, wie aus seiner folgenden Zusammenstellung hervorgeht:

Analoge Arten (Gefäßpflanzen)	auf die gemäßigte Z.		auf die warme Zone		auf die heiße Zone	
	Arten	%	Arten	%	Arten	%
kommen in d. 1. Stufe d. Molasse	47	15	114	36	47	15
> > > 4. > >	94	18	174	33	38	7

Er kommt zu dem Schlusse, „daß unser unteres Molasseland ein ähnliches Klima gehabt haben müsse, wie wir es jetzt in der Louisiana, auf den Canarien, in Nordafrika und Südchina treffen; ein Klima mit einer mittleren Jahrestempe-

⁹²⁾ Osw. Heer, Die tertiäre Flora der Schweiz. Winterthur 1858/59. III. Bd., Allgem. Teil, S. 328 u. ff.

ratur von 20° bis 21° C; die obere Molasse ein Klima etwa wie Madeira, Malaga, Südsizilien, das südliche Japan und Neugeorgien, das heißt eine mittlere Jahrestemperatur von 18° bis 19° C.“ „Der große Reichtum an Holzgewächsen und an immergrünen Bäumen, wie die zahlreichen Sumpfpflanzen und die auf ausgedehnte Torfmoore hinweisenden Braunkohlenlager lassen nicht zweifeln, daß das Klima ein feuchtes gewesen und die Regentage wohl über einen großen Teil des Jahres verteilt waren.“ „Es war ein Klima . . . wohl ähnlich dem der Louisiana und überhaupt dem Süden der Vereinigten Staaten, wo ebenfalls weit ausgedehnte Moräste vorkommen, wie sie unser Tertiärland gehabt haben muß.“

Auch die Tierwelt stimmt damit vollkommen überein: Anthrakotherien, Tapire, Rhinocerosse, Mastodonten, Krokodile, viele Schildkröten, Salamander u. a.

Es ergeben sich daraus für uns vor allem die klimatischen und floristischen Voraussetzungen, unter denen wir uns in der Zeit der Brackwasserästuarien die Bildung unserer zahlreichen Kohlenflöze und -schmitzen zu denken haben. Das Auftreten, die Zusammensetzung, Fossileinschluß und die gegenseitige Verschiebung der Flöze und ihrer Begleitschichten lassen uns weiter dann einen Blick in ihr Werden tun.

Bei den Haushamer Flözen war das Ufer sichtlich im Süden eines gegen Norden sich erstreckenden Sumpfbeckens, da die Flöze hier am Südrand am stärksten sind und gegen Norden zu sich allmählich verschwächen und auskeilen. Bei den jüngeren Flözen dieses Querprofils, bei Miesbach, ist dies nicht so deutlich, erleidet sogar Verschiebungen; das tiefere Johannflöz war erst im Nordflügel der dortigen Mulde bauwürdig, das jüngere Bayernflöz dagegen wieder nur im Südflügel.

Im Penzberger Querprofil läßt von den dort im Abbau stehenden Flözen das tiefste, Flöz 3, muldeneinwärts bisher eigentlich keine Abschwächung der Mächtigkeit erkennen, Flöz 12 ist in der südlichen (Penzberger) Mulde jedoch sichtlich ein viel besser entwickeltes, reineres Flöz als in der nördlich vorgelagerten Nonnenwaldmulde, wo es bereits vielfach zahlreiche Stinksteineinlagerungen enthält. Das Hauptflöz der Penzberger Mulde, Flöz 16, hat sich dagegen in der Nonnen-

waldmulde bereits ganz ausgekeilt, ähnlich Flöz 20. Dagegen treten in der Nonnenwaldmulde unterhalb des unteren Quarzsandes drei weitere in Penzberg kaum vorhandene Flöze auf (Flöz Haber, Schoeller und Fohr), die zum Teil sogar gut bauwürdige Mächtigkeit besitzen. Da der untere Quarzsand in der Penzberger Mulde auch vorhanden ist, kam zu dieser Zeit daher im Süden überhaupt keine nennenswerte Flözbildung zustande.

Wie in der Richtung muldeneinwärts, so verschoben sich die Flöze, wie erwähnt, auch in streichender Richtung in den nacheinander folgenden Perioden oft sehr wesentlich. So ist schon das Verbreitungsgebiet der beiden Haushamer, nur wenige Meter voneinander entfernt liegenden Flöze Großkohl (Nr. 3) und Kleinkohl (Nr. 4) sehr verschieden. Etwas vom Leitzachtal ostwärts ist das Großkohlfloz gänzlich vertaubt. das Kleinkohlfloz hingegen noch über fast 1 km bauwürdig anhaltend, wie anderseits schon östlich des Schlierachtales und dann weiter gegen Westen wieder das Kleinkohlfloz nur mehr rudimentär vorhanden ist und bloß das Großkohlfloz bis gegen die Mangfall fortsetzt. Desgleichen reicht das Großkohlfloz gegen das Beckeninnere (gegen Norden) viel weniger weit als das Kleinkohlfloz; ersteres ist schon im Nordflügel der Haushamer Mulde nicht mehr bauwürdig entwickelt, während das Kleinkohl bis zu Tage herausgebaut wurde.

Ähnliche Beispiele lassen sich auch aus anderen Bergbaurevieren anführen, wo diese Verhältnisse natürlich am genauesten bekannt sind.

Nimmt man dazu, daß auch außerhalb der Bergbaureviere allüberall Flöze vorhanden sind und solche wohl auch stellenweise auf geringere Erstreckung in größerer Mächtigkeit auftreten, so ergibt sich hieraus die Tatsache einer ständigen Verschiebung der einer Moorbildung günstigen Örtlichkeiten. An gewissen Punkten — eben unseren Bergbaurevieren — kehren sie eine Zeitlang immer wieder, verschieben sich aber auch in den aufeinander folgenden Zeiträumen in oft nicht unbeträchtlichem Maße.

Überaus zahlreiche derartige Aussübungen, wie sie wohl zu allermeist den Flözen entsprechen, erfolgten im Laufe der Brackwasserzeit. Es mußten ab und zu aber anderseits so-

gar auch neuerliche Eröffnungen von Zufuhrswegen von Meeresswasser erfolgt sein, was sich an vorhandenen marinen Bänken oder reichlicherer Beimengung von marinen Konchyliden zeigt. Eine öftere und dabei mehrfach länger andauernde Aussübung muß wieder in der zweiten Hälfte oder gegen Ende der Brackwasserzeit eingetreten sein, in welcher die Flöze von Au, Miesbach, Penzberg und Peissenberg zur Ablagerung kamen.

Am mächtigsten sind diese Cyrenenschichten, wie die vorangehenden Meeresbildungen der unteren marinen Molasse wieder gegen Osten zu ausgebildet. Wir haben gesehen, daß im unmittelbaren Anschluß an die Bausteinzone die Cyrenenschichten gegen Penzberg zu sehr zurücktraten, südlich von Peissenberg sogar schon ganz ausgesüßt waren. Zu dieser Zeit reichten sie also gar nicht weiter nach Westen als bis in die Gegend zwischen dem Penzberger und Peissenberger Querprofil. Südwarts des letzteren Ortes sind es bloß mehr Süßwasseransammlungen, die zudem sehr bald der vollständigen Verlandung anheimfallen, wie sie durch die bunte Molasse bezeichnet wird.

Immer mächtiger anschwellend, stellt sich hier im Westen diese Verlandung in der verhältnismäßig schmalen Senkung am Nordfuße der damaligen Alpen entgegen und hindert jede weitere westliche Verbreitung der brackischen Ästuarien. Ja von dem genannten Zustand zu Beginn der Brackwasserperiode dringt sogar im Laufe der folgenden Zeit die Verlandung der bunten Molasse immer weiter gegen Ost vor, geht zu einer gewissen Zeit bis über die Isar, sogar bis zum Mangfalltal.

Dann greifen von Osten her die Brackwasser neuerdings und rasch gegen Westen vor und erfüllen die voralpine Niederung bis zum Lech. Die Miesbach—Penzberg—Peissenberger Pechkohlenflöze gelangen in zeitweiligen Aussübungen dieser Periode zur Ablagerung.

Eine eigenartige Erscheinung derselben sind gegen ihr Ende zu die mächtigen Quarzsandschichten. Woher diese außerordentlichen Mengen quarzigen und so gleichmäßig aufgearbeiteten Materials gekommen sein mögen, ist gleichfalls ungeklärt. Es läge der Gedanke nahe, daß sie durch Winde

in das Brackwasserbecken eingetragen worden wären, wenn nicht der Umstand dabei störend zu bemerken wäre, daß sich in ihnen auch ab und zu gröbere Quarzkörner bis Erbsen-, selbst Nußgröße finden, schön gerundet, mit glatter Oberfläche, wie sie aus der Zeit der Bausteinzone bekannt sind. Sie treten vereinzelt und verstreut mitten in den feinen Sanden auf oder zu Schnüren oder kleinen Linsen angehäuft. Diese müssen zum mindesten vom Ufer her durch Wasser eingeführt worden sein. Dabei bleibt aber noch immer der Ursprungsort dieser quarzigen Massen rätselhaft.

Plötzlich macht aber diesem Zeitalter brackischer Lagunen wieder frisches Meerwasser, die Periode der Promberger Schichten; ein Ende. Reiches marines Leben entfaltet sich wieder am Grunde unseres Meeresarmes, nach den vorherrschenden schlammigen Ablagerungen scheint er sogar von erheblicher Tiefe gewesen zu sein. Im Westen keilen sich diese Promberger Schichten bei Peissenberg rasch aus, wo sie überhaupt nur mehr schwach und sandig entwickelt sind, bei Penzberg sind sie aber schon etwa 400 m mächtig vorhanden, ebenso an der Mangfall und im Leizachtal (etwa 320 m). Weiter nach Osten kennt man sie vorläufig nicht.

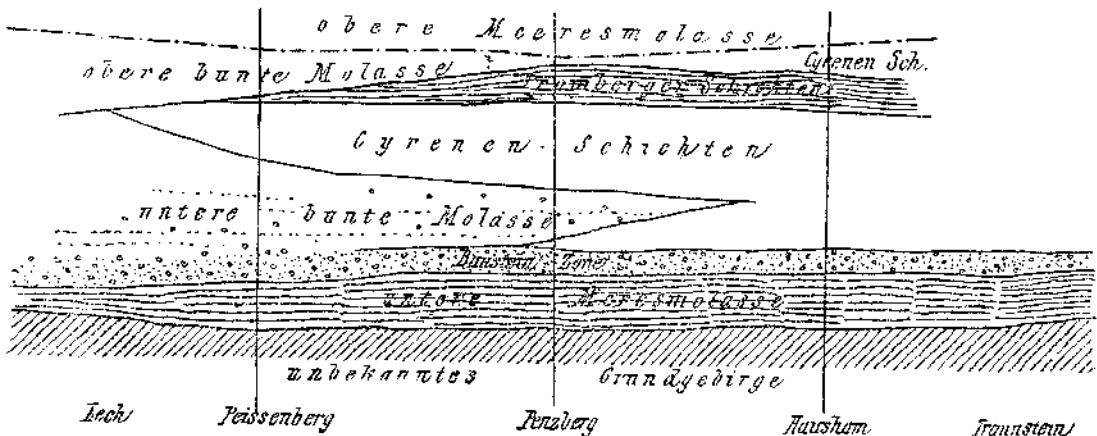
Es ist also wahrscheinlich, daß auch diese marine Periode ihren Vorstoß nicht aus dem Westen (Schweiz, Oberrhein) gemacht haben kann, wo ja zudem derartige marine Perioden zu dieser Zeit ganz unbekannt sind; auch hier deutet daher alles wieder auf den Osten als Ursprungsgegend hin. Sie müssen auch aus einem Meeresgebiet stammen, wo die Fauna der unteren Meeresmolasse noch keine wesentliche Wandlung erfahren hat; sie hat diese ja mit letzterer ziemlich gemeinsam. Es beweist dies jedenfalls, daß die ganze Zeitdauer unserer gesamten Oligozänablagerungen nicht allzu groß war.

In der Peissenberger Gegend wird dieser Verbreitung meerischer Fluten durch den Landpropf der jedenfalls von Westen her neuerlich vordringenden und sich mächtig entwickelnden jüngeren bunten Molasse Halt geboten. Schichten der letzteren verdrängen sie hier sogar bald gänzlich.

Inzwischen muß wieder im Osten eine Abschnürung erfolgt sein; das Wasser wird wieder brackisch; sicher in um-

fangreichem Maße in der Gegend der heutigen Leizach, wahrscheinlich jedoch bis gegen Penzberg. Weiter nach Westen tritt völlige Verlandung ein mit einzelnen Sumpfgebieten, in welchen sich das Unterbauflöz, das Kohlgrabenflöz und andere Süßwassergebilde der Peissenberger Gegend entwickelt haben. Ob diese Verlandung der jüngeren bunten Molasse noch weiter gegen Osten vordrang, wie darauf zu schließen wäre, wenn die Trümmer bunter Fleckenmergel in der Störungszone des Leizachwasserstollens wirklich zerstörten Schichten der jüngeren bunten Molasse dort angehört haben sollten, hängt mit der Beantwortung der letzteren Frage zusammen.

Die Aufeinanderfolge und das geschilderte wechselseitige Ineinandergreifen der Schichten lassen sich etwa in nachfolgender Weise zusammenstellen:



C. Vergleich mit Ablagerungen ähnlichen Alters.

a) Anschluß nach Westen.

Wie wir in der historischen Einleitung gesehen haben, ergaben sich die ersten, weil geographisch naheliegendsten Vergleiche unserer bayerischen subalpinen Tertiärbildungen mit den Molasseablagerungen der Schweiz. Hier hatte sich neben Studer insbesondere Escher von der Linth³³⁾ mit dem

³³⁾ Escher von der Linth, Bemerkungen über das Molassegebilde der östlichen Schweiz. Mitt. d. naturf. Ges. Zürich. I. Bd., Nr. 7, 1847, Zürich 1849, S. 97—112.

Studium dieser Gebilde eingehend beschäftigt und schon frühzeitig die grundlegende Einteilung derselben festgestellt. Er unterschied eine „untere Süßwassermolasse“ mit Schichten von rötlichen und bunten Mergeln, Sandsteinen und Nagelfluh, manchmal auch mit Kalksteinen und Kohlenflözen. Das alpine Vorland war nach ihm damals teils Festland, teils von Süßwasser bedeckt. *Unio*, *Planorbis*, *Paludina*, *Melania*, *Limnaeus*, *Helix* sind die Tierreste, die er neben Blättern in ihr vorfand. Darüber folgte dann die „Meeresmolasse“ mit einem nördlichen und einem südlichen Streifen und zwischen diesen beiden als jüngstes Glied die „obere Süßwassermolasse“.

Die Natur der steil gelagerten Molassegebilde nahe dem Alpenrande blieb ihm jedoch ungeklärt; wahrscheinlich gehört jedoch der größte Teil derselben, insbesondere jener, „welcher die Mitte der zusammengeschobenen Molasse einnahm“, der unteren Süßwassermolasse, „die zunächst an der Grenze des Alpenkalkgebirges befindliche Nagelfluh aber vielleicht zur oberen Süßwassermolasse“. Auffallend sind auch ihm hier in der Nagelfluh die vielen, den Alpen fremden kristallinischen Gesteine. Bekanntlich hat ja schon Studer aus diesem Grunde die Ansicht ausgesprochen, daß ein Streifen kristallinischer Gesteine die Alpen an ihrer Nordseite umrandet haben muß, von dem diese auffallenden Gerölle stammten.

Unter Berücksichtigung der marinen Vorkommen bei Delsberg, Pruntrut und in der Umgebung von Basel, die dem Tongrien zugeteilt wurden, und der kleinen marinen Faunen, welche sich an mehreren Stellen nahe dem Kalkalpenrande, so in den Ralligensandsteinen bei Sigriswyl am Thuner See, bei Horw am Vierwaldstätter See fanden, und der diesen zum Teil gleichgestellten Süßwasserbildungen (mit einzelnen brackischen Einschaltungen) am Genfer See, sowie nach Einschiebung der grauen Molasse von Lausanne über letzteren gliederte Oswald Heer⁹⁴⁾ später die Schweizer Molasse in nachfolgender Weise von oben nach unten:

⁹⁴⁾ Osw. Heer, Die tertiäre Flora der Schweiz. Winterthur 1858/59, Bd. III, Allgem. Teil, S. 202 u. ff. — Derselbe, Urwelt der Schweiz. 2. Aufl., Zürich 1879, S. 298.

5. Obere Süßwasserbildung, obere Braunkohlenbildung, Öninger Stufe, mit dem Kohlevorkommen von Käpfnach, Elgg, Herderen, Niederutzwyl.

4. Helvetische Stufe, Meeresbildung; am Alpenrand von Rohrschach, St. Gallen, Luzern, Bern, Saane als subalpine Molasse, am Jurarand als Muschelkalk. Das zwischenliegende Gebiet ist von jüngerer Süßwassermolasse bedeckt.

3. Graue Molasse (Mainzer Stufe); Süßwasserbildung von mehreren hundert Fuß Mächtigkeit; geht aus der Westschweiz bis zum Rheintal.

2. Untere Braunkohlenformation (Aquitane Stufe), am stärksten in der Westschweiz entwickelt: bunte Mergel bis 300 Fuß mächtig (rote Molasse), darüber Sandstein und Mergel mit Braunkohlen (Paudèze und Monod bei Chexbres); in der Ostschweiz die Braunkohlen des hohen Rhonen und von Rifi bei Schänis. Das Meer „verschwunden oder doch nur hie und da längs der Alpen in einzelnen Brackwasserlagunen zurückgeblieben“.

1. Unterste, tongrische Stufe, marin; „wurde in einem Meeresarm gebildet, welcher aus dem Elsaß bis Basel und über Ferret bis in die Gegend von Pruntrut und Delsberg reichte. Aus dem Inneren der Schweiz sind keine Ablagerungen aus dieser Zeit mit Sicherheit bekannt, vielleicht gehören die Ralligen-Sandsteine dieser Zeit an.“

Indem er jedoch von der nur in der nördlichsten Schweiz als Ausläufer der Elsaßer Bucht vorkommenden tongrischen Stufe absieht, bezeichnet Heer in der Regel die untere Braunkohlenformation als erste oder unterste Stufe, die graue Molasse als zweite Stufe usw. Letztere beider entsprechen demnach Escher von der Linths unterer Süßwassermolasse.

Nach dem tongrischen Meer, das anscheinend nur im nördlichsten Teile des Landes vorhanden war, treten daher zuerst bunte, meist rote Mergel auf, die sich zwischen Jura und Alpen ausbreiten und nach ihm in Süßwasser abgelagert worden waren. Längs der Alpen dehnten sich Lagunen mit Brackwasser aus (Ralligen, Horw und Winkel), auch bei Huttwyl (Kanton Bern), bei Yverdon, bei Belmont (im Tal der Paudèze) und bei St. Sulpice am Genfer See wurden Brackwasserschaltiere (*Cerithium margaritaceum*) gefunden.

Im Kanton Waad, am Genfer See, folgten der stellenweise über 1000 Fuß Mächtigkeit erreichenden roten Molasse die braunkohlenhaltenden Mergel und Sandsteine der Paudèze, des Einschnittes bei Rivaz und Chexbres und von Clarens von mehreren hundert Fuß Mächtigkeit. Es sind durchwegs Süßwasserbildungen, mit nur wenig eingelagerten brackischen Schichten, die ihm insbesondere bei Monod eine überaus reiche Flora geliefert haben. Beide Schichtengruppen vereinigt er zu seiner untersten Stufe.

Darüber findet sich weiter als nächste Stufe der ebenfalls mehrere hundert Fuß mächtige Schichtenverband der grauen Molasse, die insbesondere in der Umgebung von Lausanne in Form von grauen Sandsteinen mit ebensolchen Mergelinlagerungen entwickelt ist und die für diese Stufe bezeichnenden Pflanzen enthält. Sie ist gleichfalls eine Süßwasserablagerung. Unmittelbar darauf folgt dann die marine Molasse.

Wesentlich verschieden ist die Ausbildung weiter im Osten. Im Kanton Bern bildet die älteste Stufe der Sandstein von Ralligen mit seinen marinen Fossilien, darüber bunte Nagelfluh mit sandigen Mergeln und vielen Pflanzenresten (Schangau, Bumbachgraben⁹⁵⁾ mit Anthrakotherienresten u. a.). Sie gehören zur untersten Stufe, während zur nächsten (graue Molasse) die Sandsteine von Aarwangen, Oberbuchsitten und Egerkingen einzureihen sind.

Der tiefsten Molassesstufe des Westens gehören auch die beiden, in ihrem Scheitel aufgebrochenen Antikinalen bei

⁹⁵⁾ Nach Resten von Anthrakotherien (*Anthracotherium Bumbachense Stehlini*) von Bumbach bei Schangau im bernischen Emmental, in Begleitung solcher eines einfachen Rhinocerotiden vom Typus des *Aceratherium Filholi Orb.* weist Stehlin diese Schichten zweifellos in den Horizont des oberrheinischen Meeressandes (nach ihm unteres Stampien = unteres Mitteloligozän); sie sind daher älter als die aquitanische Süßwassermolasse mit *Helix Ramondi* (= Molasse à lignite, untere Braunkohlenformation). Auch die Molasse-schichten von Vaulruz (Kanton Freiburg) teilt er hier ein. (H. G. Stehlin, Säugetierpalaontologische Bemerkungen zu einigen neueren Publikationen des H. Dr. L. Rollier. Eclogae geol. Helv. XI., 1910, S. 476. — Derselbe, *Anthracotherium* aus dem marinen Sandstein von Vaulruz (Kanton Freiburg). Ebenda, X., 1908, S. 754. — Derselbe, Zur Revision der europäischen Anthrakotherien. Verhandl. d. naturf. Ges. Basel, XXI., 1910, S. 169. — Derselbe, Übersicht über die Säugetiere der schweizerischen Molasseformation etc. Ebenda, XXV., 1914, S. 183.)

Luzern mit ihren roten und bunten Mergeln, mit Fundstellen spärlicher mariner Versteinerungen bei Horw, Enethorw und Winkel am Vierwaldstätter See an, sowie von Pflanzenresten, welche sie seiner untersten Molassesstufe zuweisen.

Das gleiche gilt von den Sandsteinen des Hohen Rhonen, südlich vom Zürcher See, mit untergeordneten blauroten und grauen Mergeln und einem schwachen Kohlenflöz, dessen begleitender Mergel oft ganz mit Pflanzenresten erfüllt ist; auch das Kohlenflöz von Rüfi bei Schännis gehört dieser Stufe an, wie aus den Pflanzen- und Tierresten hervorgeht.

Wie schon an früherer Stelle erwähnt, weisen die von ihm studierten Pflanzenreste von Kempten im Allgäu auf seine zweite, jene von Peissenberg auf seine unterste Stufe (Monod) hin. Die bayerischen Braunkohlenbildungen sind daher nach ihm aquitanisch' (unterste Stufe), ebenso die untere Meeresmolasse Bayerns, die in der Schweiz sehr schwach entwickelt ist und in den kümmerlichen marinen oder halb-brackischen Vorkommen vom Vierwaldstätter und Thuner See nach Westen fortsetzt, wahrscheinlich aber nach ihm durch das Rhonetal zum Mittelmeer reichte; dieser Meeresarm „muß irgendwo mit dem Ozean in Verbindung gestanden haben und dies kann nicht im Osten gewesen sein, da er nicht über die Salzach hinaus reichte“. (Tertiäre Flora, S. 287.)

Über das Rhonetal war jedoch die Meeresverbindung noch viel unwahrscheinlicher. Sehen wir ja doch die reichen und rein marinen Vorkommen im südlichen Bayern hier in der Schweiz durch schwache, halb oder ganz brackische Meeresteile vertreten, die weiter am Genfer See Land- und Süßwasserbildungen Platz machen, in denen sich nur mehr einzelne geringe brackische Einschaltungen finden.

Dieses ganze Auftreten hat nicht den Anschein, als ob die Verbindung mit dem offenen Meere im Westen zu suchen sei, deutet aber als Ganzes auf eine solche Verbindung im Osten.

Auch nach Depéret⁹⁶⁾ war im Rhonebecken zur ober-oligozänen Zeit (Aquitanien) das Meer auf die Küste der Provence beschränkt; selbst bei Marseille finden sich Schichten

⁹⁶⁾ Ch. Depéret, Sur la Classification et le Parallélisme du Système miocène. Bull. Soc. géol. de France. 3. Sér., 21. Bd., Paris 1894.

mit *Helix Ramondi*, *Cyrena semistriata* und *Cerithium marginatum*, sowie mit Kohlenlagern.

Weiter im Norden, im Tal der Durance, ist die aquitanische Stufe sehr verbreitet, führt die Kohlen von Manosque und Bois d'Asson mit *Anthracotherium magnum*, *Planorbis cornu* und *pachygaster*, *Helix Ramondi* und *Cerithium marginatum*. In Form von brackischen oder Süßwasserlagunen setzt sie sich ins Innere des Landes im Rhonetal aufwärts fort, einerseits in die Ablagerungen des Saônetales (Bresse), anderseits über Chambéry und Bellegarde, wo sie schon ganz die Fazies der Molasse rouge annimmt, in die Chablais und die Schweiz.

Erst im folgenden miozänen Horizont mit *Scutella Pau-lensis* (= marine Fazies der grauen Molasse der Westschweiz) beginnt wieder die marine Transgression, die dann im nächsten mit *Ostrea crassissima*, *Pecten praescabriusculus*, *palmatus* und *subbenedictus* sich weit über die Schweiz und ihre früheren Kontinentalablagerungen als Muschelsandstein (Helvetische Stufe) ausbreitet und das Rhonebecken mit Bayern und Niederösterreich verbindet.

Desgleichen war nach Douxami⁹⁷⁾ das tongrische Meer der elsässer Bucht von den Gewässern Savoyens und des südlichen Teiles der Rhonebucht getrennt: der südliche Jura, der östliche Teil der Schweizer Ebene und das gegenwärtige Rhonetal waren emporgetaucht und es bildeten sich hier nur Kontinentalablagerungen lakustrer oder fluviolakustrer Natur.

Wir können hier also keine Meeresverbindung zwischen den Schweizer marinen Bildungen der untersten Stufe mit dem Rhonebecken annehmen.

Am Genfer See kennt man nur Land- und Süßwasserbildungen, nebst stellenweise geringen Brackwasserresten, die dieser Zeit etwa entsprechen mögen. Als unterstes Glied lagert hier in großer Mächtigkeit die rote Molasse der Schweizer Geologen, darüber folgt⁹⁸⁾ direkt und konkordant die Mo-

⁹⁷⁾ H. Douxami, Etudes sur les Terrains tertiaires du Dauphiné, de la Savoie et de la Suisse occidentale. Ann. de l'Université de Lyon. Paris 1896, S. 101 u. ff.

⁹⁸⁾ Vgl. Douxami, a. a. O., S. 197 u. ff. — A. Favre, Description géologique du Canton de Genève. Bull. de la Classe d'agriculture de la Soc. des arts de Genève. Nr. 79, 1879, S. 71. — G. Maillard, Notice sur la

lasse à Lignite (untere Braunkohlenmolasse), sie führt zu unterst Mergel und Sandsteine mit *Unio* und *Helix Ramondi*, dann eine Reihe von grauen Mergeln, braunen Kalken, bituminösem Schiefer und ein oder zwei schwachen Flözen, darunter das bekannte von Rochette⁹⁹⁾ mit *Anthracotherium*, *Trionyx*, *Emys* etc. Darüber folgen gipsführende Schichten und weiter solche mit *Neritina fluviatilis*, *Helix Ramondi*, *Planorbis cornu*, *Limnaea*, *Glandina* etc., darüber endlich die graue Molasse von Lausanne (*Langhien*, *Burdigalien inf.*).

In ganz ähnlicher Weise findet sich die gleiche Entwicklung auch im übrigen Teile des Kantons Waadt¹⁰⁰⁾ bei Echallens und am Westufer des Neuchateler Sees; auch in die inneren Täler des Jura dringt die ältere Süßwassermolasse ein, so gut entwickelt im Val-de-Travers, wie auch bei Noirvau¹⁰¹⁾ (in der Nähe von Sainte-Croix). Nördlich und westlich von Lausanne, bei Echallens, bei Cossy und Aubonne folgt auch hier dann die miozäne graue Molasse und darüber die obere Meeresmolasse.

Der mittel- und ostschweizer subalpinen Molasse widmete Kaufmann¹⁰²⁾ eingehende Studien. Seine Ansichten haben jedoch einigen Widerspruch erfahren. Er unterscheidet hier vor allem zwei scharf ausgeprägte Antiklinalzonen, eben jene, die Escher von der Linth seinerzeit soviel Schwierigkeiten in der Erklärung geboten und deren südliche nach Douxam schon bei Rumilly in Savoyen ihrem Anfang nimmt.

molasse dans le ravin de la Paudèze au moulin de Belmont. Bull. Soc. Vaud. Sc. nat. XVII., 1884, S. 81.

⁹⁹⁾ E. Renevier, Les *Anthracotherium* de Rochette. Bull. de la Soc. Vaud. d. Sc. nat. Lausanne 1880, 2. Sér., Vol. XVI, S. 140.

¹⁰⁰⁾ A. Jaccard, Description géologique du Jura Vaudois et Neuchatelois. Mat. p. l. carte géol. de la Suisse. VI. Livr., Bern 1869, S. 34 ff.

¹⁰¹⁾ A. Jaccard, Deuxième Supplément à la Description géologique du Jura Neuchatelois etc. Mat. p. l. Carte géol. de la Suisse. VII. Livr., Bern 1893.

¹⁰²⁾ F. J. Kaufmann, Untersuchungen über die mittel- und ostschweizerische subalpine Molasse. Neue Denkschr. d. allg. schweiz. Ges. f. d. gesamt. Naturwiss. Zürich 1860, Bd. XVII. — Derselbe, Gebiete der Kantone Bern, Luzern, Schwyz und Zug, enthalten auf Blatt VIII des eidgenössischen Atlas. Rigi und Molassegebiet der Mittelschweiz. Beitr. z. geol. Karte d. Schweiz. XI. Lfg., Bern 1872, S. 200 u. ff. — Derselbe, Emmen- und Schlierengegend nebst Umgebungen etc. Ebenda, 24. Lfg., Bern 1886, S. 511 u. ff., S. 559.

Zu unterst nennt er hier vorherrschend rote, aber auch graue Mergel; sie gehören der aquitanischen Stufe (Ober-oligozän) an; bei Horw, Enethorw, Winkel und Spissen am Vierwaldstätter See finden sich im Bereich der südlichen Antiklinale die bekannten Fundpunkte einiger Meeresfossilien, wie *Cardium Lucernense* May., *Cardium* aff. *Palasano* Bast., *Cardium Kaufmanni* May.; diese Schichten entsprechen den bunten, meist roten Mergeln in den Kantonen Genf und Waadt.

Hieher gehören auch die Ralligensandsteine bei Sigriswyl am Thuner See, welche die nachfolgende, der unteren marinen Molasse entsprechende Fauna geliefert haben:

Lutraria sanna (?) Bast.,
Cyrena semistriata Desh.,
Cardium Heeri May.-Eym.,
Cardium Lucernense May.-Eym.,
Cardium Studeri May.-Eym.,
Cardium Thunense May.-Eym.,
Nucula Mayeri Hoern.,
Corbula Henkeliusi Nyst.,
Congeria Basteroti Desh.,
Melanopsis acuminata Sandb.,
Melanopsis Heeri May.-Eym.,
Strophostoma anomphalus Sandb.

Früher schon erwähnt nach seiner Angabe Tschan bei der Beschreibung der Ralligstöcke in der Berglisköhle eine dünne, schwarzgraue Kalkschicht mit zahllosen *Melania Escheri*, *Cerithium ligatum*, *Neritina Fischeri*, *Cyrena semistriata*, *Planorbis*, *Melanopsis* etc.

Auch Kohle kommt mehrfach vor; sie ist steinkohlenähnlich, ihr Pulver beinahe schwarz, konzentrierte Salpetersäure färbt sich beim Erwärmten nicht, kochende Kalilauge bloß weingelb.

Eine unmittelbare Berührung der Molasse mit dem Flysch bei Eggerstauden beschreibt Gutzwiller¹⁰³⁾: „Die Molasse zeigt an der Kontaktstelle eine spiegelglatte Rutschfläche, die Grenze ist haarscharf.“ Nach der Zeichnung (Prof. 13, Taf. II)

¹⁰³⁾ A. Gutzwiller, Molasse und jüngere Ablagerungen, enthalten auf Blatt IX des eidgenössischen Atlas. Beitr. z. geol. Karte d. Schweiz. XIV. Lfg., 1. Abt., Bern 1877, S. 73.

würde die Molasse unter das Eozän einschließen. Mit Kaufmann ist er der Ansicht, daß auch vorkommende, anscheinend konkordante Auflagerung (so an einer Stelle zwischen der Sitter und der Thur) nur eine scheinbare ist.¹⁰⁴⁾

Weiter östlich, südlich des Zürcher Sees, finden wir wieder die Braunkohlenbildung des Hohen Rhonen und von Rüfi bei Schännis, die nach Heer gleichfalls der unteren Braunkohlenformation angehören.

Überall wird diese untere Braunkohlenformation und die graue Molasse von der oberen Meeresmolasse (Muschelstein) überlagert. Letztere streicht dann über den Bodensee, den Pfänder bei Bregenz nach Bayern, wo sie zunächst stets nördlich der bunten Molasse der westlichen, Allgäuer Fazies der südbayerischen oligozänen Molasse auftritt.

Damit wäre der Anschluß an unsere bayerische Molasse am Nordalpenrand erreicht. Wir haben schon früher gesehen, daß hier im Allgäu die bunte Molasse mit ihren eintönigen Gesteinsschichten allein herrschend ist, daß die untere marine Molasse an ihrer Basis sich kaum unterscheiden läßt, daß außerordentliche Fossilarmut sich geltend macht und nur wenige schwache und unbauwürdige Flöze dieser bunten Molasse eingelagert sind: Genau das gleiche Bild wie in der östlichen Schweiz.

Ob Gumbels Blätterschichten bei Kottern, südlich von Kempten, wirklich der grauen Molasse der Westschweiz entsprechen, wie Heer auf Grund seiner Pflanzenbestimmungen zu vermuten geneigt scheint, muß dahingestellt bleiben, wäre aber im bejahenden Falle der einzige sichere Anhaltspunkt für das Vorkommen dieser grauen Molasse von Lausanne hier im Osten.

Wenn wir am Westrand der Schweiz über den Neuchateler See unsere dort verlassenen Schichten nach Norden und Nordosten weiter verfolgen, so gelangen wir in Gebiete mit einer Entwicklung, die von der der besprochenen in wesentlichem Belange abweichen.

Da sie jedoch vielfach nur als Ausläufer der Vorkommen im oberen Rheintal zu betrachten sind, müssen wir am zweckmäßigsten von der Gestaltung der letzteren ausgehen.

¹⁰⁴⁾ Über weitere Beobachtungen an der Grenze zwischen Molasse und Alpen durch Heim und andere vgl. später im letzten Abschnitte.

Im Mainzer Becken unterscheidet Fr. Sandberger¹⁰⁵⁾ zu unterst den Meeressand mit *Natica crassatina*, *Dentalium Kickxii*, *Ostrea callifera* und *cyathula*, *Pectunculus obovatus*, *Modiola micans*, *Cyprina rotundata*, *Cytherea incrassata*, *Isocardia subtransversa* u. a.; an Wirbeltieren erwähnt er spärliche Funde von *Palaeotherium magnum*, von *Crocodilus*, *Emys* und *Trionyx*.¹⁰⁶⁾

Der Meeressand hat nach ihm mit dem Sande von Fontainebleau im Pariser Becken so viel Arten gemeinsam (59), „daß man vielleicht sogar an eine direkte Verbindung der Meere denken darf; dieselbe könnte nur auf der Südseite über den Jura bestanden haben“, fügt allerdings hinzu, „aber bis jetzt fehlen alle Angaben über das Vorkommen ähnlicher Faunen zwischen diesem und der Gegend von Orleans“.

Über dem Meeressand folgt der Septarienton, eine „Schlammbildung aus der Algenzone, bis etwa 15 Faden Tiefe“, während der Meeressand „eine Littoralbildung an felsiger Küste“ war. „Am ununterbrochenen Zusammenhange der Fauna mit der des Meeressandes ist nicht zu zweifeln, ebenso wenig aber an der direkten Verbindung des Mainzer Beckens während dieser Zeit mit dem großen norddeutsch-belgischen Septarientonmeer.“ Ihr Weg über die Welterau und Kassel¹⁰⁷⁾ ist vorhanden.

Die weiter aufgelagerten Cyrenenschichten bedeuten den Beginn einer immer weiter fortschreitenden Abkehr vom marinen Typus, der hier, zum Unterschiede vom subalpinen Gebiete, überhaupt nicht mehr wiederkehrt.

Eine Unterteilung glaubt er mit Weinkauff nur am Westrand des Beckens a) mit unteren Cyrenenmergeln, mit zahllosen *Cyrena semistriata*, b) mit folgenden marinen *Chenopus* Schichten und c) wiedereinsetzenden brackischen Schichten mit massenhaften *Cerithium plicatum* var. *papillatum* vornehmen zu können.

¹⁰⁵⁾ Fr. Sandberger, Die Conchylien des Mainzer Tertiärbeckens. Wiesbaden 1863.

¹⁰⁶⁾ Außerdem das bezeichnende *Halitherium Schinzi* Kaup.; vgl. Lepsius, *Halitherium Schinzi*, Die fossile Sirene des Mainzer Beckens. Abhandl. d. Mittelrhein. geol. Vereines. I. Bd., 1881.

¹⁰⁷⁾ Th. Ebert, Die Tertiärablagerungen der Umgebung von Cassel. Zeitschr. d. Deutsch. geol. Ges. Bd. 33, 1881, S. 654.

Im Vergleiche mit dem Oligozän Oberbayerns kommt er bezüglich des Meeressandes zu dem Ergebnis, daß sich in der Fauna „nicht eben viele wahre Leitmuscheln desselben, wie *Natica Nystii*, *Dentalium Kickxii*, *Tritonium flandricum*, *Pleurotoma belgica*, *Voluta Rathieri*, *Tellina Nystii*, *Crassatella Bronni*, *Astarte plicata*, *Modiola micans*, *Ostrea callifera* und *cyathula* finden, viel häufiger sind vielmehr die dem Mainzer Becken fast fremden Turritellen und eine Anzahl von Arten, welche schon nach dem Oberoligozän hinüberweisen. Vielleicht ist es daher besser, diese Schichten mit den darüber liegenden Cyrenenschichten in eine Abteilung zu vereinigen, als sie dem Meeressand zu parallelisieren.“

Daß die beiderseitigen Cyrenenschichten gleichaltrig sind, scheint ihm außer Zweifel, wenn er auch in Oberbayern nach Gumbels Verzeichnis eine „bedeutend größere Menge miozäner Arten beigemengt“ findet als im Mainzer Becken. Ganz oben kommt sogar schon *Melania Escheri* vor, eine Leitmuschel der Schichten, mit welchen in Baden (Hopotenzell), Württemberg (Ulm; Zwiefalten) und an der Donau das Miozän beginnt.

Wir haben nach unserer früheren Darstellung *Melania Escheri* sogar in den tiefsten Schichten der oberbayerischen Cyrenenschichten sehr häufig gefunden.

Nach Lepsius¹⁰⁸⁾ ist eine direkte Verbindung des Meeressandes mit dem Pariser Becken vollkommen ausgeschlossen, aus Gründen, die auch Sandberger schon andeutet; der Zusammenhang muß gleichwie zur Zeit des Septarientons über Belgien und Norddeutschland auf dem Wege über Cassel und die Wetterau stattgefunden haben, wenn seine Reste bis jetzt auch noch nicht gefunden wurden.

In dem im Mainzer Becken auf den Septarienton folgenden, bis 100 m mächtigen Oberoligozän unterscheidet er eine untere Hälfte, die Elsheimer Meeressande zum Unterschied von den älteren Meeressanden von Alzey, die noch Mollusken führen, die sich an die mitteloligozänen Meeres-

¹⁰⁸⁾ R. Lepsius, Die oberrheinische Tiefebene und ihre Randgebirge. Forschungen z. deutsch. Landes- u. Volkskunde. I. Bd., Stuttgart 1886, S. 84 ff. — Derselbe, Geologie von Deutschland, I. Bd., 1887–92, S. 598 ff. — Derselbe, Das Mainzer Becken. Darmstadt 1883, S. 31 u. ff.

sande und Septarientone anschließen; dagegen fehlt ihnen noch *Cyrena semistriata*. Sonst gibt es noch eine reiche Meeresfauna mit den bezeichnenden *Cytherea incrassata*, *Cyprina rotundata*, *Pectunculus obovatus*, *Ostrea callifera* und *cyathula* u. a.; daneben aber auch schon brackische Formen, wie *Cerithium plicatum* var. *papillatum*, *Hydrobia ventrosa*.

Die obere Hälfte sind die eigentlichen Cyrenenmergel mit brackischer Fauna, *Cyrena semistriata*, *Cerithium margaritaceum*, *plicatum* var. *Galeotti* usw.

Die Cyrenenmergel entsprechen nach ihm der unteren Süßwassermolasse der Schweiz und den Cyrenenschichten Oberbayerns, während die untere Meeresmolasse des Alpenrandes den mitteloligozänen Meeressanden von Alzey gleichzustellen sind.

Die folgenden Cerithienkalke (mit *Cerithium Rathii*, *submargaritaceum*) mit dem äquivalenten Hochheimer Schneckenkalk (mit *Helix rugulosa* und *Ramondi*, *Archaeozonites subverticillus*, *Cyclostoma*, *Clausilia* etc.) rechnet er schon zum unteren Miozän.

Eine ähnliche Landschneckenfauna führt er übrigens auch schon aus dem Elsheimer Meeressand an¹⁰⁹⁾ (*Helix rugulosa*, *Archaeozonites subverticillus*, *Patula multicosta*, *Pupa lamellidens*, *Clausilia flexidens* u. a.).

Durch die zur Mitteloligozänzeit erfolgte Grabenversenkung des Oberrheins drangen nach ihm die Meeresfluten über den Sundgau (Dammerkirch), über Basel, Delsberg und Pruntrut in die Schweiz, sind weiter zwar durch jüngere Schichten überdeckt, begleiten aber dann wieder die Alpen bis zur Traun (Talberggraben) und in die Umgebung von Linz a. D. (Schichten mit *Halitherium*).

Im Elsaß finden sich zur Zeit des jüngeren Eozäns und des Unteroligozäns nur einige Landseen (eozeane Buchsweiler Süßwasserkalke, Melanienkalke von Klein-Kems und Brunnstatt, oder schwach brackisch, Unteroligozänschichten von Pechelbronn, Lobsann u. a.); erst mit dem genannten Niederbruch des Rheintales zeigen sich in der oberrheinischen Ebene die Meeressande und darüber der Septarienton mit dem charak-

¹⁰⁹⁾ Lepsius, Geologie, I. Bd., S. 615.

teristischen Fisch- oder Amphisylenschiefer¹¹⁰) (*Meletta crenata*, *Amphisyle Heinrichi*). Letzterem schreibt man eine ganz außerordentliche Verbreitung zu, wenn auch einzelne der hieher gezählten Vorkommen verschiedenen Horizonten angehören mögen (so nach Andreæ im Elsaß bei Buchsweiler, Ober-Steinbrunn, Altkirch, Sontheim; in Frankreich bei Froidefontaine zwischen Montbéliard und Delle, in der Schweiz bei Brislach (Kanton Solothurn), in Baden bei Lörrach; in Oberbayern bei Siegsdorf im Trauntal, in Österreich in Steiermark, Mähren, Schlesien, Galizien).

Stellt man das von Gümbel mitgeteilte Vorkommen von Fischresten im Trauntal im tiefsten Teile der unteren Meeresmolasse diesen Fischschiefern des oberrheinischen Septarientons gleich, so müßte übrigens wohl daraus folgen, daß die darüber liegende oberbayerische untere Meeresmolasse dem mitteloligozänen Septarienton oder Meeressand von Alzey im Alter nicht gleichgestellt werden könnte, wie das Gümbel getan hat und wie wir es oben auch bei Lepsius gesehen, sondern nur den Elsheimer Sanden von Lepsius. Auch nach Sandberger und nach den neueren umfassenden Untersuchungen Wolffs müßte diese untere Meeresmolasse Oberbayerns dem Oberoligozän zugeordnet werden.

Der Rückzug des Meeres, der sich im Mainzer Becken durch allmäßliches Brackischwerden des Meerwassers (Cyrenenschichten) während der oberoligozänen Zeit mit nachfolgender vollkommener Aussüßung während des Miozäns äußerte, machte sich im Elsaß ebenfalls geltend; auch hier treten die brackischen Cyrenenschichten, und zwar in sehr reduziertem Maße auf (bei Straßburg, Oos), stellenweise Süßwasserkalke mit *Helix rugulosa*, *Melania Nystii*, *Hydrobia*, *Planorbis*, *Limnaeus* etc.

Eine Fortsetzung dieser Elsässer Ausbildung bietet weiter im Süden die Umgebung von Basel¹¹¹): Zu unterst wieder

¹¹⁰) A. Andreæ, Ein Beitrag zur Kenntnis des Elsässer Tertiärs. Abhandl. z. geol. Spezialkarte v. Elsaß-Lothr., Bd. II, H. 3, Straßburg 1884.
— B. Förster, Geologischer Führer für die Umgebung von Mühlhausen. Mitteil. d. Geol. Landesanst. v. Elsaß-Lothr. Bd. III, Straßburg 1892, S. 235 ff.
— R. Lepsius, Geologie von Deutschland. I. Bd., S. 590 ff.

¹¹¹) A. Gutzwiller, Beitrag zur Kenntnis der Tertiärbildungen der Umgebung von Basel. Verhandl. d. naturf. Ges. Basel. IX. Bd., 1893, S. 192.

mitteloligozäne Schichten des Meeressandes (Kalksandstein, Mergel und Konglomerate von Stetten, Dornach, Äsch, Ettingen usw.), darüber solche des Septarientons in Form von blauen Letten mit *Meletta*, *Amphisyle*; weiter folgen oberoligozäne Cyrenenschichten südlich von Basel, bei Bottmingen, Oberwil, Therwil, Biel hie und da bloßgelegt, bald als brackische Mergel und Sandsteine mit *Cerithium plicatum*, *Cyrena semistriata*, *Ostrea cyathula*, bald als Süßwasserkalke mit *Hydrobia ventrosa*, *Limnaeus pachygaster*, *Dreissensia*. Als jüngste Bildung finden sich südlich von Basel Süßwasserkiesel mit *Planorbis declivis* und *cornu*, dann im S.-Albantal graue Mergel mit *Helix rugulosa*.

Ähnliche Verhältnisse finden wir nach Kilian¹¹²⁾ auch westlich davon bei Belfort und Montbéliard. Den Meeressanden mit *Pectunculus obovatus* des benachbarten Dammerkirch und Pfirt scheinen litorale Konglomerate marinen Ursprungs zu entsprechen, welche die eozänen Bohnerze von Montbéliard und Belfort bedecken; sie umrahmten hier sichtlich den Elsässer Golf. Die folgenden Fischschiefer des Septarientons von Froidefontaine bilden die Basis des oberoligozänen „Système de Bourogne“, das den Sanden von Elsheim und den Cyrenenmergeln des Mainzer Beckens entspricht. Sie bestehen aus roten, grauen oder gelblichen Mergeln und Sanden; dazwischen auch eine Süßwasserkalkschicht mit *Helix cf. subsulcosa* (Var. von *Helix rugulosa*) (bei Allenjoie, Moval und Chatenais). Ihre Fauna ist wieder: *Cerithium plicatum*, *Cyrena convexa* Brgt. = *Cyrena semistriata* Desh., *Corbicula Faujasi* etc.

Die *Helix*-Schichten entsprechen im Berner Jura (bei Courrendlin) genau den dortigen schwarzen Mergeln mit *Helix rugulosa*, welche an der Basis des dortigen brackischen und lakustren Systems eingeschaltet sind, das bei Delsberg die untere marine Molasse bedeckt.

Im ganzen läßt sich sein „Système de Bourogne“ von oben nach unten einteilen in:

1. Konglomerate, dickbankige Molasse und Mergel,

¹¹²⁾ W. Kilian, Note sur les terrains tertiaires du territoire de Belfort et des environs de Montbéliard (Doubs), Bull. Soc. géol. de France. 3. Sér. 12. Bd., Paris 1883/84, S. 738.

2. Konglomerate, weniger dickbankige Molasse, bunte Mergel, auch grau mit *Cyrena convexa* und *Cerithium plicatum*,

3. Konglomerate, Mergel, *Helix*-Kalke von Allenjoie, bunte Mergel.

Er betont nachdrücklich, daß nach allen Ergebnissen die Elsässer Bucht zur tongrischen Zeit mit dem Pariser Becken in keiner direkten Verbindung stand; sie war gegen Süden und Westen vollständig abgeschlossen. Es ergibt sich dies daraus, daß 1. litorale Konglomerate sie hier umgeben, 2. daß im Westen von Belfort und Montbéliard keine entsprechend alten Meeresbildungen vorhanden sind, wohl aber Schichten mit *Bythinia* und *Helix Ramondi*, und 3. daß südlich von Basel, im Aargau, die tongrische Stufe durchaus in lakustrer Form entwickelt sei oder, wie er später sagt (1886, S. 78), „trocken gelegt war“.

Andreae¹¹³⁾ ist allerdings der Ansicht, daß das Meer im Elsaß von Süden her eingedrungen und das Mainzer Becken von Süden her überflutet worden sei und „erst zur Septarienzeit eine ausgiebige Verbindung mit dem Nordmeer stattfindet“. Kilian betont demgegenüber, daß er bloß den Abschluß der Elsässer Bucht gegen Südwesten (Montbéliard) und Süden (Dammerkirch) behauptet, daß im Osten aber vielleicht eine Verbindung zwischen dem oberrheinischen Oligozänmeer und dem alpinen Südmeer immerhin vorhanden gewesen sein möge.

Eine scharfe Trennung zwischen dem schweizerischen tongrischen Nordmeer und dem alpinen Südmeer hat auch nach Greppin¹¹⁴⁾ stattgefunden: „Während der Südosten und Nordosten des Landes vom Meere okkupiert war, waren die östlichen und westlichen Gebiete wahrscheinlich Festland und bedeckten sich mit der „unteren Braunkohlenformation“ (hohe Rhonen, Paudèze, Monod) und der roten Molasse, inbegriffen die Blätterschichten von Paudèze: Aquitanien von C. Mayer

¹¹³⁾ Briefwechsel von A. Andreae und W. Kilian: Über das Alter des Melanienkalkes und die Herkunft des tertiären Meeres im Rheintal. Mitteil. d. Com. f. d. Geol. Landes-Unters. v. Elsaß-Lothr. Bd. I, Straßburg 1886, S. 72.

¹¹⁴⁾ J. R. Greppin, Description géologique du Jura Bernois et de quelques districts adjacents. Mat. p. l. Carte géol. de la Suisse. VIII. Lfg., Bern 1870, S. 146 ff.

und Heer.“ Letztere beiden Schichtengruppen scheint er also hier dem tongrischen Meere gleichzustellen geneigt.

Dieses nördliche Meer der tongrischen Stufe war in schlammiger Fazies (Delémont = Delsberg, Löwenburg, Courgenoy, Brislach, Wahlen, Blauen und Busserach, zwischen Äsch und Ettingen, bei Bottmingen, Basel, Lörrach u. a.) oder in litoraler Fazies (mit Kalksand und Konglomeraten) entwickelt und beherbergte die bekannte Fauna: *Natica crassatina* und *Nystii*, *Cerithium plicatum*, *Panopaea Heberti*, *Cytherea incrassata*, *Cyprina rotundata*, *Pecten decussatus*, *Ostrea cynthia* und *callifera* etc.

Zu dem darüber gelagerten Delémontien oder der unteren Süßwassermolasse (= oberer Teil der unteren Süßwassermolasse = grauen Molasse der westlichen Schweiz) zählt er die graue Molasse von Ruppen, Aarwangen, Oberägeri, Eriz, Lausanne, die Kalke von Möstkirch, Ulm, Zwiefalten u. a., läßt es aber schließlich nicht ausgeschlossen, daß auch die Blättermolasse des Hohen Rhonen, von Monod, die rote Molasse von Vevey und die Schichten von Ralligen (also die untere Braunkohlenformation mit *Helix rugulosa* und *Ramondi*, *Cyclostoma bisulcatum*, *Planorbis depressus* und *solidus*, *Limnaeus subovatus* und *socialis* etc.) hieher gehören mögen.

Überlagert wird dieses ganze Schichtensystem hier jedoch schon wieder von den jüngeren marinen Schichten der oberen Meeresmolasse oder der Helvetischen Stufe mit *Ostrea crassissima* und *Pecten palmatus* und *scabrellus* u. a. Während der untere meerische Teil des ganzen Verbandes daher noch dem Oberrheintal sich anschließt, finden wir darüber schon die Schweizer Entwicklung mit ihrer wesentlich verschiedenen Faziesausbildung platzgreifen.

Im weiteren östlichen Verfolg der Schichten dient uns daher der Muschelkalk der oberen Meeresmolasse als sicherer Anhalt.

Bei Aarwangen (Kanton Bern) liegt darunter wieder die untere Süßwassermolasse in bekannter Zusammensetzung mit *Helix rugulosa*, *Limnaeus*, *Planorbis*.¹¹⁵⁾ Sie hat auch eine Reihe von Säugetierresten, darunter *Anthracotherium hippo-*

¹¹⁵⁾ R. Martin, Die ältere Süßwassermolasse in der Umgebung von Aarwangen. Eclogae geol. Helv. IX., Lausanne 1906, S. 201 ff.

deum Rütim., geliefert, nach denen Stehlin¹¹⁶⁾ diese Schichten seinen oberen Stampien = den Cyrenenmergeln des Mainzer Beckens zuteilt, jedenfalls seien sie älter als jene mit *Helix Ramondi* der aquitanischen Molasse à Lignites.

Allerdings betrifft dies bloß den untersten Teil der hier 800 bis 900 m mächtigen Schichtenserie mit der Fauna von Aarwangen und der der Rickenbacher Mühle. Die höheren Schichten dürften dann auch jüngeren Horizonten zufallen, also solchen über den Mainzer Cyrenenschichten. Freilich bezeichnet Stehlin als solche jüngere Horizonte (sein unteres und oberes Aquitanien) die Lignite von Rochette (mit *Anthracotherium minus* und *Valdense*), also die „untere Braunkohlenformation“, sowie jene vom Hohen Rhonen (mit *Amphicyon*, *Palaeochoerus*, *Chalicotherium*, *Tapirus* u. a.) und die „graue Molasse“ von Lausanne und Umgebung.

Ähnliche Gliederung findet sich auch nördlich des Rheins¹¹⁷⁾ und gegen den Bodensee zu.¹¹⁸⁾

Mit dem Betreten deutschen Bodens treffen wir im Höhgau¹¹⁹⁾ unter der oberen Meeresmolasse (Heidenlöchersandstein von Überlingen) ausgedehnte, am See bis zu 200 m mächtige Ablagerungen der unteren Süßwassermolasse. Sie bestehen zumeist aus hellen, lockeren Sandsteinen und Sanden; nur gegen den Jura hin schaltet sich im untersten Teile ein an Mächtigkeit stets zunehmender Verband von Landschneckenkalken mit zum Teil sehr reicher Fauna ein: *Planorbis laevis*

¹¹⁶⁾ K. G. Stehlin, Zur Revision der europäischen Anthracotherien. Verhandl. d. naturf. Ges. Basel. XXI., 1910, S. 176. — Derselbe, Übersicht über die Säugetiere der schweizerischen Molasseformation. Ebenda, XXV., 1914, S. 183.

¹¹⁷⁾ Schalch, Das Gebiet nördlich vom Rhein (Kanton Schaffhausen, Höhgau und Schienerberg. Beitr. z. geol. Karte d. Schweiz. XIX. Lfg., II. T., 1883, S. 36.

¹¹⁸⁾ A. Gutzwiller, Molasse und jüngere Ablagerungen, enthalten auf Blatt IV und V des eidgenössischen Atlas. Beitr. z. geol. Karte d. Schweiz. XIX. Lfg., I. T., 1883, S. 4.

¹¹⁹⁾ S. G. Gutmann, Gliederung der Molasse und Tektonik des östlichen Höhgau. Heidelberg 1910. — Ebenso: F. Schalch, Bemerkungen über die Molasse der badischen Halbinsel und des Überlinger Seegebietes. Mitteil. d. großb. bad. geol. Landesanst. Bd. XIV, Heidelberg 1903, S. 253, und W. Schmidle, Zur Kenntnis der Molasse und der Tektonik am nordwestlichen Bodensee. Zeitschr. d. Deutsch. geol. Ges. 63. Bd., Berlin 1912, S. 522.

und *cornu*, *Helix rugulosa*, *Ramondi*, *sublenticulata* und *Hochheimensis*, *Patula plicatella*, *Oxystoma Thomae*, *Archaeozonites subverticillus*, *Cyclostoma bisulcatum*, *Clausilia* sp.; gegen oben finden sich bunte Tone und Mergel von wechselnder Mächtigkeit. Braunkohlenflöze treten vereinzelt auf, so eines zwischen Ludwigshafen und Sipplingen, ein anderes unterhalb der Ruine Homburg. Die Sande sind stets fossilfrei; nur ein Kiefer von *Rhinoceros minutus* wird erwähnt.

Nach Schill¹²⁰⁾ finden sich über dem Landschneckenkalk (von Hoppenzell) im Hügelland des Bodensees Sandsteine und bunte Mergel (grau, ockergelb und rot), im Andelsbachtale bei Zell und Hausen beschreibt er jedoch Kalkkonglomerate mit vielen Cerithien (*Cerithium margaritaceum* und *plicatum*, *Ostrea gryphoides*, *Rhinoceros incisivus* und *minutus*, *Halianassa Studeri*), darüber auch wieder Sandsteine, welche der oberen marinen Bildung des Muschel-Sandsteines angehören. Es müssen diese Cerithienbänke wohl als die östlichsten Vertreter der oberrheinischen Cyrenenschichten angesehen werden, die hier unmittelbar unter der oberen Meeresmolasse zu liegen scheinen.

Als letzte Spuren mariner Vorkommen dürften Pholadengänge angesehen werden können, die in der Umgebung von Ulm, am Hochsträß und Landgericht aus dem tiefsten Teil der dortigen, an sich wenig mächtigen „unteren Süßwassermolasse“ von Jos. Schad¹²¹⁾ beschrieben werden.

Im übrigen bestehen auch hier diese unmittelbar unter der Meeresmolasse mit *Ostrea crassissima* gelegenen Schichten aus Sanden, Mergeln, zum Teil geflammt, und Kalken, die verschiedentlich unterteilt werden, im ganzen aber *Helix rugulosa*, *Ramondi*, *Ehningensis* und *crepidostoma*, *Pomatias*,

¹²⁰⁾ J. h. Schill, Die Tertiär- und Quartärbildungen am nördlichen Bodensee und im Höhlgau. Jahresh. d. Ver. f. vaterl. Naturkunde in Württemberg. XV. Jahrg., Stuttgart 1859, S. 129. — Derselbe, Geologische Beschreibung der Umgebung von Überlingen. Beitr. z. Statistik d. inneren Verw. d. Großb. Baden. VIII. H., Karlsruhe 1859.

¹²¹⁾ J. s. Schad, Beitrag zur Kenntnis des Tertiärs, am Landgericht und Hochsträß. Jahresh. d. Ver. f. vaterl. Naturkunde in Württemberg. 64. Jahrg., Stuttgart 1908, S. 249. — Derselbe, Über die Gliederung des schwäbischen Tertiärs. Vortrag. Ebenda LXXII. — Derselbe, Die Grenze des mitteloligozänen Meeres in Schwaben. Jahrb. u. Mitteil. d. oberrhein. geol. Ver. Stuttgart 1918, S. 22—27.

Cyclostoma, *Archaeozonites*, *Clausilia*, *Patula*, an Süßwasserschnecken *Planorbis cornu*, *Limnaeus* u. a. führen.¹²²⁾

E. Fraas¹²³⁾ stellt sie der „unteren Süßwassermolasse Oberbayerns“ an die Seite, nach der Schneckenfauna auch den Hochheimer Kalken des Mainzer Beckens.

Derartiger „älterer Landschneckenkalk“ mit *Helix rugulosa* sowie Mergel findet sich noch etwas weiter östlich bei Stotzingen, Rammingen, Asselfingen und Dettingen sowie bei Mödlingen nördlich und westlich von Gundelfingen an der Donau, auch hier meist Jurakalk aufgelagert und stets von dem jüngeren Meeressande mit *Ostrea crassissima* überdeckt.¹²⁴⁾

Darüber hinaus gegen Osten zu sind sie jedoch am Donaurande nicht mehr bekannt.

Eine unmittelbare Vergleichung unserer oberbayerischen Oligozänschichten mit diesen Landschneckenkalken ist mit Schwierigkeiten verbunden. Als Anhaltspunkt muß vor allem dienen, daß sie gleich unter dem oberen Meeressand liegen, ganz ähnlich wie in der Nachbarschaft die Cerithienschichten des Andelsbachtales, und in ihrer Lage wohl zweifellos dem Landschneckenkalk von Hopotenzell, überhaupt der unteren Süßwassermolasse des Höhgaues, jener im Kanton Schaffhausen (Klettgau) und schließlich den Aarwanger und ähnlichen Schichten der Schweiz entsprechen. Letztere werden meist der grauen Molasse, nach den Säugetierresten aber auch den Cyrenenschichten des Mainzer Beckens gleichgestellt. Auf die eben genannten Horizonte dürften auch die Schichten des Andelsbachtales mit *Cerithium margaritaceum* hinweisen.

Die Fauna dieser schwäbischen Landschneckenkalke mit *Helix Ramondi* und *rugulosa* wird zudem auch aus der unteren Braunkohlenformation in der Umgebung des Genfer Sees, aus den Elsheimer Sanden des Mainzer Beckens und

¹²²⁾ K. Miller, Das Tertiär am Hochsträß. Württemberg. naturwiss. Jahresh. 27. Jahrg., Stuttgart 1871, S. 272.

¹²³⁾ E. Fraas, Die Tertiärbildungen am Albrand im der Ulmer Gegend. Jahresh. d. Ver. f. vaterl. Naturk. in Württemberg. 67. Jahrg., 1911, S. 535 ff.

¹²⁴⁾ C. W. v. Gümbel, Die miozänen Ablagerungen im oberen Donaugebiete. Sitzber. d. k. Akad. d. Wiss. Wien 1884, S. 293 u. ff.

auch aus dem Verband der Cyrenenschichten Oberbayerns wenigstens teilweise angeführt.

Man dürfte daher wohl kaum viel fehlgehen, wenn man diese Landschneckenkalke am Rande des schwäbischen Jura ihrer stratigraphischen Lage und Fauna nach etwa den höheren Teilen unserer Cyrenenschichten oder der jüngeren bunten Molasse gleichstellt.

Haben wir im Früheren eine Verbindung mit dem Rhonebecken als überaus unwahrscheinlich bezeichnet, so kommen wir zum gleichen Schlusse auch bezüglich einer solchen mit dem Oberrhein. Bekanntlich wird eine derartige Verbindung von Güm bel, Lep si us, Andre ae, Roth pletz¹²⁵⁾ u. a. für die Zeit der unteren Meeresmolasse angenommen.

Wenn sie schließlich für die untere Meeresmolasse auch denkbar wäre, sei es, daß man nun die mitteloligozänen Meeresände von Alzey oder, da nach Sandberger und Wolff diese Meeressände von Alzey als zu alt nicht in Betracht kämen, jene der jüngeren, oberoligozänen Elsheimer Sande als ihr zeitliches Gegenstück am Oberrhein ansieht, für unsere im übrigen faunistisch doch ganz gleich gearteten Promberger Schichten fehlt dort jedes marine Äquivalent. Im Gegenteil, das Mainzer und Elsässer Becken ging nach Ablagerung der Meeressände immer mehr der Aussüßung und Verlandung entgegen. Auch aus der Nordschweiz sind gleichfalls nur Land- und Süßwasserbildungen dieser Zeit bekannt.

Sicher während der Zeit der Promberger Schichten muß daher die Meeresverbindung mit Oberbayern aus einer anderen Richtung stattgefunden haben; es wird damit aber im höchsten Grade wahrscheinlich, daß sie auch früher, zur Zeit der unteren Meeresmolasse, bei den ja ganz gleich gearteten Verhältnissen, einen anderen Weg genommen hat.

Seit der darauffolgenden Zeit der oberbayerischen Cyrenenästuarien hatten diese gegen Westen und Nordwesten nur Land- und Süßwasserbildungen vorgelagert, welche sie von den gleichzeitigen Gebilden der oberrheinischen Bucht trennten. Diese hatte am Fuße des schwäbischen Jura zwar einen

¹²⁵⁾ A. Rothpletz, Ein geologischer Querschnitt durch die Ostalpen. Stuttgart 1894, S. 91.

Ausläufer bis gegen Württemberg gesandt; im Süden und Südosten desselben lag am Alpenrande zu dieser Zeit jedoch nur bunte Molasse als Landbildung. Die brackischen Cyrenenschichten beginnen hier im Süden erst wieder viel weiter im Osten in der Gegend des Lechs.

b) Anschluß nach Osten.

Im vorangehenden Abschnitt sind wir zu dem Schlusse gekommen, daß eine Verbindung unserer oberbayerischen Oligozängewässer nach dem Westen ganz unwahrscheinlich sei, daß dagegen alle Umstände zur Annahme einer solchen gegen den Osten zu sprechen. Bekanntlich hören aber in Bayern alle Ablagerungen dieses Zeitalters am Nordalpenrande in der Gegend von Traunstein auf.

Die tiefsten genauer bekannten Tertiärschichten treffen wir erst wieder in Niederösterreich, im sogenannten außer-alpinen Wiener Becken, bei Molt; sie führen nach E. Sueß *Cerithium margaritaceum* und *plicatum*; *Melanopsis aquensis*, werden aber nach ihrer übrigen Meeresfauna in das tiefste Miozän, an die Grenze gegen das Oligozän gestellt.

Weiter gegen Westen erwähnt O. Abel¹²⁶⁾ aus der Lochau bei Loosdorf, östlich von Melk, häufig auftretende lose Blöcke eines festen Sandsteines, „der ganz erfüllt ist mit den Steinkernen von *Cardium* und zahllosen Exemplaren der *Cyprina rotundata* Br.“; das Anstehende konnte leider nicht ermittelt werden. Bei Melk selbst beschreibt er als Melker Schichten weiße Sande mit Tonlagen, die *Cerithium margaritaceum* und *plicatum* nebst *Ostrea fimbrioides* Rolle führen.

Schon lange vorher hatte Fr. Pošepny¹²⁷⁾ aus einem kleinen Schurf bei Pielach, unmittelbar östlich von Melk, Tegel, Sand und Schieferton mit Einlagerung von schwarzen Schiefern und Kohlen erwähnt, wobei er in dem Sand auf der Halde *Cerithium margaritaceum*, im Tegel *Ostrea fimbrioides* fand.

¹²⁶⁾ O. Abel, Studien in den Tertiärbildungen des Tullner Beckens. Jahrb. d. k. k. Geol. Reichsanst. 1903, S. 91. — Derselbe, Bericht über die Fortsetzung der kartogr. Aufnahmen der Tertiär- und Quartärbildungen am Außensaum der Alpen zwischen der Ybbs und Traun. Verhandl. d. k. k. geol. Reichsanst. 1905, S. 358.

¹²⁷⁾ Fr. Pošepny, Oligozäne Schichten bei Pielach nächst Melk. Jahrb. d. k. k. Geol. Reichsanst. 1865, Verhandl. S. 165.

Aus Gesteinsstücken (dunklem Schieferton), die aus der Nähe von Viehdorf bei Amstetten, also westlich von Melk, stammen, bestimmte Fr. Toula¹²⁸⁾ *Cerithium margaritaceum*, *plicatum*, *Neritina picta*, *Ostrea* sp.; ebendaselbst kommen auch schwache Kohlenflöze vor.

1905 machte dann O. Abel¹²⁹⁾ mit einem wichtigen Funde gelegentlich einer Brunnengrabung in Melk selbst bekannt. Es sind Tegel mit:

Cerithium margaritaceum,
Cerithium plicatum,
Melanopsis aquensis,
Melanopsis Hantkeni,
Neritina picta,
Hydrobia ventrosa,
Dreissensia Basteroti,
Cyrena semistriata,
Cardium sp.

Alle diese Arten (mit Ausnahme des *Cardium*) sind in großer Zahl vorhanden. An dieser Stelle scheint wirklich „zum ersten Male der positive Nachweis von dem Vorhandensein dieser Schichtengruppe (das ist der oberoligozänen brackischen Molasse oder der Cyrenenschichten) im österreichischen Alpenvorlande erbracht“ zu sein. Im Zusammenhalt mit den Funden von *Cyprina rotundata* dürfte kaum zu verkennen sein, daß hier in Melk und Umgebung eine Schichtenfolge entsprechend der oberbayerischen Oligozänmolasse vorliegen mag, wenn sie vorläufig auch nur nach einzelnen, unzusammenhängenden Bruchstücken bekannt ist.

Im Gegensatz dazu hat es wenig Wahrscheinlichkeit für sich, daß in dem von R. J. Schubert¹³⁰⁾ beschriebenen Bohrloch aus der Nähe von Wels Vertreter der bayerischen Brackwassermolasse erschlossen worden seien. Von 922 m bis zur Erreichung des Grundgebirges (Cordierit-Granitgneis)

¹²⁸⁾ Fr. Toula, Das Vorkommen von *Cerithium margaritaceum Brocchi* bei Amstetten in Niederösterreich. Verhandl. d. k. k. geol. Reichsanst. 1882, S. 192.

¹²⁹⁾ O. Abel, a. a. O., 1905, S. 356.

¹³⁰⁾ R. J. Schubert, Die Ergebnisse der mikroskopischen Untersuchung der bei der ärarischen Tiefbohrung zu Wels durchteufen Schichten Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst. 1903, Bd. 53, S. 385.

bei 1036,6 m Tiefe durchsank es stets kalk- und fossilfreie Schichten von Quarzsand und Quarzkonglomerat, sowie graue oder bunte Tone, nachdem es bis dahin in schlierähnlichen Gesteinen sich bewegt hatte. Schubert hält diese tiefsten Schichten für Süßwasserbildungen, die „wohl mit ziemlicher Sicherheit als Äquivalent der bayerischen unteren Brack- und Süßwassermolasse angesehen werden können“.

Wenn wir dem jedoch gegenüberhalten, was sich uns als Ergebnis der allgemeinen west-östlichen Entwicklung der Molasse in Bayern ergeben hat, wie die Fazies der bunten Molasse ein bezeichnendes Gehilde des Westens ist, und gegen Ost immer mehr und mehr der Einfluß des Meeres sich geltend macht, sowie anderseits obige Verhältnisse bei Melk in Betracht zieht, die sich vollständig der ostbayerischen Molassenentwicklung anschließen, so wird es wohl überaus unwahrscheinlich, daß dazwischen wieder ausschließlich solche der bunten Molasse des Westens ähnliche Gebilde zur Entwicklung gekommen sein sollen.

Dazu kommt, daß von einer Überlagerung durch der oberen Meeresmolasse entsprechende Bildungen im Bohrloch nichts bekannt ist. Wir dürften es demnach wohl mit jüngeren Schichten zu tun haben. Freilich, darin hat Schubert recht, daß die Verbindung zwischen Bayern und dem weiteren Osten nicht über Weit gegangen sein kann; allerdings aus anderen Gründen. Wohl müssen wir sie aber in der Nähe vorbeigehend annehmen.

In der noch übrigbleibenden Verbindungsstrecke ist in Oberösterreich noch das bekannte Vorkommen von *Halitherium Schinzi* Kaup bei Linz a. d. Donau, sowie von Wallsee bei Amstetten, Niederösterreich, bemerkenswert. Es hat, wie oben schon angedeutet, Lepsius¹³¹⁾ veranlaßt, über Traunstein hinaus noch Linz als den östlichsten Vertreter der unteren Süßwassermolasse anzunehmen. Es ist ja diese Sirene „eine Form, die sonst nur in den oligozänen Bildungen getroffen wird“¹³²⁾. Ob wir hier jedoch wirklich Oligozän vor uns

¹³¹⁾ Lepsius, Geologie von Deutschland. I. Bd., S. 599. — Derselbe *Halitherium Schinzi*, Die fossile Sirene des Mainzer Beckens. Abhandl. d. mittelrhein. geol. Ver. I. Bd., 1884, S. 164.

¹³²⁾ O. Abel, a. a. O., 1903, S. 133.

haben, muß mit Rücksicht auf den sonstigen Mangel der Kenntnis solcher Schichten dasselbst vorläufig dahingestellt bleiben.

Die Schichten des kleinen Schurfbauens von Pfennigberg bei Plesching, östlich von Linz, mit *Pholadomya Puschi*, *Panopaea cf. Menardi*, *Thracia faba*, *Cytherea Lamarckii*, *Venus umbonaria*, *Cardium cingulatum*, *Cardium cf. edule*, *Turritella cathedralis* sieht F. E. Sueß¹³³⁾ für Äquivalente von Gauderndorf und Loibersdorf an; da aber oligozäne Formen doch stark vertreten sind, möchte Abel¹³⁴⁾ dieses Vorkommen den tieferen Schichten von Mölt gleichstellen.

Gehen wir nun weiter über das außeralpine Wiener Becken hinaus, so treffen wir zunächst nordöstlich davon, im südlichen Mähren, bei Gr. Pawlowitz nächst Saitz zu erwähnende Vorkommen in Form abgerollter Sandsteine und auch solcher in Platten, aus denen A. Rzeħak¹³⁵⁾ nach Bestimmungen von Th. Fuchs nachfolgende Arten anführt:

- Pectunculus latiradiatus* Sandb.,
Pectunculus cf. Philippi Desh.,
Cytherea Beyrichi Semp.,
Cardium Heeri May.-Eym.,
Turritella cf. quadricanaliculata,
Calyptraea cf. striatella,
Nassa cf. flexicostata.

Außerdem fügt Rzeħak als fraglich noch *Cytherea incrassata* und *Cyprina rotundata* hinzu.

Wenn auch die Bestimmung der meisten Formen eine ganz unsichere ist, sie zum Vergleich daher ganz untauglich macht, sind die übrigbleibenden immethin typische Vertreter der unteren marinen Molasse Oberbayerns und müssen daher wohl auch in diesem Sinne gewertet werden.

Eine auffallende Schichtenfolge treffen wir wieder jenseits des durch das innere Wiener Becken hier unterbrochenen Alpenbogens bei Gran in Ungarn.

¹³³⁾ F. E. Sueß, Beobachtungen über den Schlier in Oberösterreich und Bayern. Ann. d. k. k. naturhist. Hofmuseums Wien. 1891, Bd. VI, S. 407.

¹³⁴⁾ O. Abel, a. a. O., 1903, S. 134.

¹³⁵⁾ A. Rzeħak, Beiträge zur Kenntnis der karpathischen Sandsteinzone Mährens. Geol.-pal. Mitteil. a. d. Franzensmuseum. 2. Folge, III. Bd., 1897, Brünn 1898.

Hier folgt auf die reichlich Nummutiten führenden Eozän-schichten eine oligozäne Ablagerung, die Hantken 1. in eine untere marine Bildung, 2. in eine Brackwasserbildung und 3. in eine obere marine Bildung einteilt.¹³⁶⁾

Die untere marine Bildung, seine *Clavulina Szabói*-Schichten, trennt er wieder in die tieferen Ofner Mergel und die jüngeren Kleinzeller Tegel. Es sind durchaus Meeresbildungen mit überaus reicher Foraminiferenfauna. Mollusken finden sich in den Kleinzeller Tegeln selten und sind schlecht erhalten.

Darauf folgen die brackischen Schichten mit den eingelagerten Braunkohlenflözen von Mogyoros, Szarkas und Sárisap, die selbst jedoch, sowie ihre Zwischenschichten, ausschließlich in Süßwasserschichten mit zahlreichen Wasserschnecken (*Paludina*, *Melania* und *Melanopsis*, auch Landschnecken finden sich) abgelagert wurden. Das Hangende des Kohlenflözzuges ist vorherrschend brackischer Natur, reine Süßwasserschichten sind darunter nur sehr untergeordnet vorhanden; erstere führen auch hier in großer Zahl *Cyrena semistriata*, *Cerithium margaritaceum* und *Melanopsis Hantkeni*, das unmittelbare Flözdach meist *Congeria Brardi* in großen Mengen. Außerdem kommen *Psammobia aquitanica*, *Cerithium plicatum*, *Neritina picta* u. a. vor, doch nur zwei Foraminiferarten. Diese Ablagerungen entsprechen daher vollkommen den bayerischen Cyrenenschichten.

Sie stehen in enger Verbindung mit der oberen marinen Bildung, dem oberoligozänen *Pectunculus*-Sandstein. Aus diesem erwähnt Hantken unter anderen folgende Fossilien:

- Cerithium margaritaceum* Brocchi,
- Cerithium plicatum* Brong.,
- Natica crassatina* Lam.,
- Pholadomya Puschi* Goldf.,
- Psammobia aquitanica* May.,
- Cytherea incrassata* Sow.,
- Cardita paucicosta* Sandb.,
- Pectunculus obovatus* Lam. (*crassus* Phil.).

¹³⁶⁾ M. v. Hantken, Die geologischen Verhältnisse des Graner Braunkohlengebietes. Mitteil. a. d. Jahrb. d. Kgl. ung. geol. Anst. I. Bd., Pest 1872, S. 77.

Letzterer kommt in einzelnen Schichten in „ungemein großer Menge“ vor.

Auf die besondere Übereinstimmung dieser Graner *Pectunculus*-Sandsteine mit unseren oberbayerischen Promberger Schichten habe ich schon 1899 hingewiesen.¹³⁷⁾ Auch v. Ammon¹³⁸⁾ hat es später betont.

Daß die Cyrenenschichten einander beiderseits entsprechen, kann wohl keinem Zweifel unterliegen. Um so auffallender ist es daher, wenn hier im Graner Becken der die Cyrenenschichten unterlagernde marine Kleinzeller Tegel keineswegs die Fauna der unteren Meeresmolasse Oberbayerns führt, sondern nach Hantken eine solche der älteren Häring-Schichten. „Eine Vergleichung der aus beiden Ablagerungen stammenden Petrefakten ergab eine überraschende Übereinstimmung eines Teiles derselben und erhellt aus dieser zweifellos das gleiche geologische Alter beider Bildungen.“ Unter den mit Häring gemeinsamen Arten hebt er hervor:

Gryphaea Brongniarti Br.,

Pecten Gumbeli May.,

Pecten Bronni May.,

Pinna imperialis May.,

Pholadomya cf. Ludensis Desh.,

Chenopus Haeringensis Güm.,

Nautilus lingulatus Sow.

Ferner verdient nach ihm betont zu werden, daß die in den Kleinzeller Tegeln so überaus verbreitete *Clavulina Szaboi* von Gumbel auch aus Häring als *Rhabdogonium Haeringense* beschrieben wurde.

Es darf nun aber allerdings nicht außer acht gelassen werden, daß die Fauna der unteren Meeresmolasse Bayerns mehr eine Seichtwasserfauna ist — aus den älteren, tiefgründigen, tonigen Schichten derselben kennen wir ja außer Foraminiferen keine Fossilien — während wir es bei jener der *Clavulinace Szaboi*-Schichten offensichtlich mit einer solchen der Tiefsee zu tun haben. Ein direkter Vergleich ist daher überhaupt untrüglich. Es kann da auf die später zu erwäh-

¹³⁷⁾ K. A. Weithofer, a. a. O., 1899, S. 280.

¹³⁸⁾ L. v. Ammon, Über das Vorkommen von „Steinschrauben“ (*Daemonhalix*) etc. Geogn. Jahresh. 13. Jahrg. München 1900, S. 62.

nenden Ablagerungen am Südfuße des Prelukagebirges im nördlichen Siebenbürgen hingewiesen werden, deren oberoligozäne Schichten in einer Seichtwasserfazies mit der Fauna der *Pectunculus*-Sandsteine auftreten und zugleich auch in einer tonigen Tiefseefazies, deren Fauna von der ersteren wesentlich verschieden ist und an jene des Kleinzeller Tegels lebhaft erinnert.

Es ist daher immerhin möglich, daß dieser abweichende Faunencharakter des Kleinzeller Tegels im Graner Becken auf eine vielleicht abyssische Natur seiner Ablagerungen zurückzuführen ist, worauf ja auch sein Reichtum an Foraminiferen und seine Armut an Mollusken hinweisen würde.

Ob freilich trotzdem eine direkte Verbindung zwischen Gran und dem Nordalpenvorland vorhanden war, muß dahingestellt bleiben, zumal ja die Barre der Alpen bei Wien ihr im großen und ganzen wohl hinderlich im Wege gestanden sein mag. Der Einbruch des inneren Wiener Beckens, der die heutige Donautalung erst ermöglichte, ist ja erst später erfolgt.

Eine ähnliche Schichtenfolge wie bei Gran finden wir dann weiter östlich im St. Andrä-Vissegrader und im Piliser Gebirge. Auch hier treten nach A. Koch¹³⁹⁾ Ofner Mergel und Kleinzeller Tegel mit *Clavulina Szaboi* und darüber Cyrenenmergel mit der gleichen Fauna wie bei Gran, sowie stellenweise mit unbauwürdigen Kohlenflözen auf, worauf marine Bildungen mit *Pectunculus obovatus* folgen.

Sind die kohleführenden Cyrenenschichten hier schon schwächer entwickelt, so fehlen sie im benachbarten Ofner Gebirge ganz.¹⁴⁰⁾ Auch hier sehen wir Ofner Mergel und Kleinzeller Tegel reich entwickelt auf eozänen Gebilden aufliegen, die auch nach Hofmann den Häringer Schichten sicher gleichgestellt werden müssen. Darüber zeigen sich jedoch keine brackischen Cyrenenschichten mehr, sondern unmittelbar die rein marinen *Pectunculus*-Sande, deren untere Partien hier die Graner Cyrenenmergel vertreten. Sie führen vor allem wieder

¹³⁹⁾ A. Koch, Geologische Beschreibung des St. Andrä-Vissegrader und des Piliser Gebirges. Mitteil. a. d. Jahrb. d. Kgl. ung. geol. Anst. I. Bd., 1872, S. 237.

¹⁴⁰⁾ K. Hofmann, Die geologischen Verhältnisse des Ofen-Kovacsier Gebirges. Ebenda, S. 207.

Pectunculus obovatus Lam.,
Cardium cingulatum Goldf.,
Cyprina rotundata A. Br.;
Cytherea Beyrichi Semp.,
Psammobia aquitanica May.,
Pholadomya cf. Puschi Goldf.,
Panopaea Menardi Desh.,
Dentalium Kickxit Nyst.

Hier ist also das ganze Oligozän in mariner Vertretung vorhanden; das wechselnde Erscheinen und Wiederzurückziehen des Meeres aus Gebieten, wie es für das Vorland der Alpen erforderlich ist, wäre daher von derartigen Örtlichkeiten her leicht erklärlch.

Ein reichgegliedertes Tertiärgebiet, das für die Beurteilung der Verhältnisse in diesem alpinen Vorland von großer Wichtigkeit ist, finden wir schließlich in Siebenbürgen. Es lehnt sich im Westen an das aus Gneis bestehende Biharer und Meszesgebirge an, im Norden an die kristallinische Schieferinsel von Preluka. Seine Ablagerungen wurden insbesondere von A. Koch und K. Hofmann¹⁴¹⁾ eingehend studiert.

Über den eozänen Bryozänschichten finden sich hier von unten nach oben:

1. Schichten von Hoja; es sind im Norden reine Meeresablagerungen, vom Meszesgebirge an gegen Süden treten, oft sehr reichlich, brackische Formen auf. Auch Nummuliten kommen spärlich noch vor. In ihrer Fauna finden sich u. a.: *Cerithium margaritaceum*, *plicatum*, *Natica crassatina*, *Panopaea Heberti*, *Cyrena semistriata*, *Cytherea incrassata*. Das tiefste Meer war also im Norden, die Bildungen im Südwesten sind brackisch und littoral.

2. Schichten von Révkörtvelyes; sie sind brackisch und Süßwassergebilde, auch Kohlenspuren finden sich. *Ceri-*

¹⁴¹⁾ A. Koch, Über das Tertiär in Siebenbürgen. Neues Jahrb. f. Min. 1880, I., S. 283.

K. Hofmann, Geologische Notizen über die krystalline Schieferinsel von Preluka und das nördlich und südlich anschließende Tertiärland. Jahresber. d. Kgl. ung. geol. Anst. 1885, Budapest 1887.

A. Koch, Die Tertiärbildungen des Beckens der siebenbürgischen Landesteile. I. Th. Paläogene Abteilung. Mitteil. a. d. Jahresber. d. Kgl. ung. geol. Anst. X. Bd., Budapest 1894, S. 179.

thium margaritaceum, *plicatum*, *Congeria Brardi* sind charakteristische Formen.

3. Schichten von Méra; marine Arten herrschien vor, doch finden sich auch solche des Brack- und Süßwassers (*Cerithium margaritaceum*; *plicatum*, *Cyrena semistriata*, *Melania usw.*), stellenweise sogar in großer Menge.

4. Schichten von Nagy-Ilonda (Ilondaer Fischschuppenschiefer); organische Einschlüsse bestehen hauptsächlich aus Schuppen und Abdrücken von *Meletta*; es sind daher wieder tiefere, uferfernere Meeresbildungen.

Bis hieher werden die Schichten dem unteren und mittleren Oligozän zugeteilt, im Gegensatz zur folgenden oberoligozänen oder aquitanischen Stufe, die große Verbreitung und mannigfaltige Faziesausbildung besitzt. A. Koch teilt diese weiter ein in:

5. Schichten von Forgácskút; graue und rote Tonmergel; Kohlenschiefer und schwache Braunkohlenflöze mit *Anthracotherium*, *Cyrena semistriata*, *Melanopsis Hantkeni*, *Melania Escheri*, *Congeria Brardi*.

6. Fellegvárer oder *Corbula*-Schichten; das Vorkommen von *Corbula*, *Corbulomya*, *Cardium* nebst *Cyrena semistriata* deutet auf neuerlichen Meereszufluß. Sandsteine, graue und rote Tone.

7. Schichten von Zsombor; sie sind von Klausenburg bis zum Durchbruch der vereinten Samos zu verfolgen und enthalten auch Kohle. Sie führen: *Anthracotherium magnum*, *Cerithium margaritaceum*; *plicatum*, *Melanopsis Hantkeni*, *Ostrea cyathula* u. a.

8. Schichten von Puszta-Szt.-Mihály; es sind wieder, wie bei 7, Sandsteine und bunte Tone, mit Kohle und *Cerithium plicatum*, *Melanopsis Hantkeni*, *Cyrena Bronniarti*, *Cyrena gigas*, *Mytilus Haidingeri*, *Ostrea aginensis*. Hofmann stellt sie im Gegensatz zu A. Koch schon zum Miozän.

Anschließend daran finden sich gegen Nordosten zwischen der vereinten Samos und der Lapos; nur marine Ablagerungen des Oberoligozäns. Es sind zunächst feinkörniger Sandstein und Ton als Niederschläge einer ruhigen See; weiter gegen Nordosten gehen sie jedoch in eine tonige Tiefsee-

schlammbildung über. Damit ändert sich auch ihre Fauna ganz wesentlich.

In der Sandsteinfazies des seichten Meeres finden sich:

- Ostrea gigantea* Sol.,
Modiola micans A. Br.,
Pectunculus obovatus Lam',
Cardium cingulatum Goldf.,
Cardium comatum Br.,
Cyprina rotundata A. Br.;
Isocardia oligocaenica Hfm.,
Isocardia transylvanica Hfm.,
Cytherea incrassata Sow.,
Cytherea Beyrichi Semp.,
Tellina Nysti Desh.,
Panopaea Heberti Bosqu.,
Pholadomya Puschi Goldf.,
Turritella Geinitzi Spey.,
Chenopus obesus Mey.-Eym.

Fast alle diese Formen haben sie mit den Ofen-Graner *Pectunculus*-Sanden gemeinsam; beide Bildungen stimmen vollkommen miteinander überein.

Die gleichaltrige tonige Tiefseefazies dagegen hat abyssischen Faunencharakter und führt Arten von *Pecten*, *Limopsis*, *Nucula*, *Leda*, *Axinus*, *Thracia*, *Neaera*, *Dentalium*, *Aturia*, die sich aber anderseits zumeist in dem Kleinzeller Tegel wiederfinden; nur die eozänen Formen der älteren Kleinzeller Tegel fehlen.

Die auffallende Übereinstimmung erklären beide genannten Autoren durch den bekannten Umstand, daß Tiefseebildungen ihren Faunencharakter viel länger bewahren.

Die bemerkenswerten Faziesunterschiede zur Zeit des Oberoligozäns beweisen nach ihnen, daß im Süden und Südwesten Festland und Uferbildungen zu suchen seien, die gegen Norden und Nordosten immer mehr den Charakter von Ablagerungen der offenen See annehmen.

Die zahlreichen Anknüpfungspunkte mit der Fauna des nordeuropäischen, insbesondere norddeutschen Oberoligozäns werden von beiden noch besonders betont.

Von besonderer Wichtigkeit ist wegen seiner ausgiebigen Kohleführung und der dadurch herbeigeführten genauen

Bekannschaft mit seinen Ablagerungsverhältnissen noch im Süden Siebenbürgens das Kohlenbecken des Zsyltales.

Seine Schichten lassen sich nach K. Hofmann¹⁴²⁾ in drei Abteilungen gliedern:

1. Zu unterst rote Tone und grobe Konglomerate, bunte Sandsteine, ohne Flöze, ohne Versteinerungen; 250 bis 350 Fuß mächtig.

2. Darüber etwa 1000 Fuß mächtige Absätze aus ruhigem Wasser; Konglomerate fehlen daher fast vollständig, feiner Ton und Sand herrschen, dazwischen bituminöse Schiefer und zahlreiche Kohlenflöze (nach Hantken etwa 25 Flöze mit zusammen 61,3 m³ Kohle, das Hauptflöz im Deakstollen 41 m mächtig).

3. Zu oberst, im Innern der Mulde und in großer Ausdehnung wieder Ablagerungen aus sehr bewegtem Wasser mit vielen Konglomeraten und Sandsteinen, nebst buntem Ton; ohne Flöze und ohne Versteinerungen; etwa 600 bis 800 Fuß mächtig.

In der mittleren Abteilung finden sich abwechselnd Schichten mit den Resten von Bewohnern des Meeres, des Brack- oder Süßwassers. Die wichtigsten sind:

- Ostrea cyathula* Lam.,
Congeria Brardi Brdg.,
Mytilus Haidingeri Hörn.,
Cyrena semistriata Desh.,
Cyrena gigas Hfm.,
Venus cf. multilamella Lam.,
Cytherea incrassata Sow. var. *transsylvaniaica*,
Psammobia aquitanica May.,
Corbula gibba Ol.,
Neritina picta Fér.,
Turritella turris Bast.,
Melanopsis Hantkeni Hfm.,
Cerithium margaritaceum Brocchi,
Cerithium plicatum Lam.,
Cerithium papaveraceum Bast.,

¹⁴²⁾ K. Hofmann, Das Kohlenbecken des Zsilytales in Siebenbürgen. Aus den Arbeiten d. ung. geol. Ges., Bd. V, 1870, auszugsweise übersetzt von Th. Fuchs, Jahrb. d. k. k. Geol. Reichsanst. 1870, S. 52.)

Planorbis sp.,

Helix cf. *Rathii* A. Br.

Die Flora stellt sich nach Heer¹⁴³⁾ der der unteren Süßwassermolasse der Schweiz an die Seite.

Nach K. Hofmann entspricht die Fauna ebenfalls jener der Cyrenenschichten des Mainzer Beckens und der unteren Süßwassermolasse Bayerns. Die Verbindung mit dem Meere fand jedenfalls gegen Norden über Hatszeg statt, wo ebenfalls Schichten mit ähnlicher Fauna und schwachen Kohlenflözen gefunden wurden. Auch nach A. Koch gehört das Becken des Zsyltales dem Oberoligozän an, nur der oberste Horizont könnte vielleicht den Übergang zum Miozän bilden.

Th. Fuchs¹⁴⁴⁾ ist jedoch geneigt, mit Rücksicht auf die merkliche Beimengung entschieden untermiozäner Arten, dasselbe ins unterste Miozän — in die aquitanische Stufe in seinem Sinne — zu stellen, worin er durch die Auffindung der *Cyrena gigas* des Zsyltales auch in den tiefsten Teilen der Horner Schichten bei Eggenburg in Niederösterreich bestärkt wird.

Die Kohle gleicht nach Hofmann in vielem der Steinkohle, hat aber einen helleren, ins Bräunliche spielenden Strich. Sie ist sehr gut koksbar. Kalilauge bleibt nach ihr farblos, wenn man das Pulver der Kohle darin siedet.¹⁴⁵⁾ Ihre Analyse ergibt:

$C = 75\cdot0\%$, $H = 5\cdot0\%$, $O = 8\cdot8\%$, $N = 1\cdot2\%$, Asche = 9·5%, S = 0·5%

Zu den Alpen zurückkehrend, sei schließlich noch der einschlägigen kohleführenden Schichten Erwähnung getan, die

¹⁴³⁾ O. Heer, Über die Braunkohlenflora des Zsyltales in Siebenbürgen. Mitteil. a. d. Jahrb. d. kgl. ung. geol. Anst. II. Bd. 1872, S. 3. — Vgl. auch: M. Staub, Die aquitanische Flora des Zsyltales im Kom. Hunyad. Ebenda, VII. Bd. (87 Tafeln).

¹⁴⁴⁾ Th. Fuchs, Tertiärfossilien aus den kohleführenden Miozänablagerungen der Umgebung von Krapina und Radeboj und über die Stellung der sogenannten »aquitanischen Stufe«. Mitteil. a. d. Jahrb. d. Kgl. ung. geol. Anst., X. Bd., 1894, S. 163.

¹⁴⁵⁾ Meine Versuche ergaben hellbraune Färbung bei Kohle von Petrozseny, eine ganz leicht gelbliche bei solcher von Lupeny. Bei letzterer wird neuerdings auch schwefelsaures Ammoniak und Benzol gewonnen. Vgl. K. A. Weithofer, Beiträge zur Kenntnis fossiler Kohlen. Zeitschr. f. prakt. Geol. XXII. Jahrg., 1914, S. 255 und 258.

als Sotzkaschichten in Südsteiermark und Krain, am Abbruch der Alpen gegen die ungarische Tiefebene, bekannt sind.¹⁴⁶⁾

Sie bestehen in der Bucht von Tüfferr, mit den Kohlenwerken von Trifail, Sagor, Hrastnigg u. a., aus einer tieferen Süßwasserabteilung und einer höheren Meeresbildung. Zu unterst sind die sogenannten Liegentone, häufig mit Geröllen in ihren tiefsten Teilen. Sie sind fossilleer, nur gegen das folgende Flöz zu finden sich häufig Süßwassermollusken, Melanien, Melanopsiden, Neritinen, Congerien, sowie große Cyrenen (nach Bittner *Cyrena cf. lignitaria*, meist jedoch *Cyrena semistriata*). Letzterer wegen muß wohl schon in diesem Horizont an irgendeine Verbindung mit brackischen Lagunen der Cyrenenschichten gedacht werden.

Durch Aufnahme von Kohlenschmitzen entwickelt sich daraus das mächtige Kohlenflöz, welches selbst nur wieder äußerst spärliche Versteinerungen, und zwar solche des Süßwassers (*Melania Escheri*, *Melanopsis aff. callosae*, *Limnaeus*, *Planorbis*, *Hydrobia*, *Bythinia* usw., sowie *Anthracotherium magnum*) führen. Den Abschluß des Flözes bilden schwarze, bitumenreiche, feuergefährliche Brandschiefer.

Es folgen zunächst lakustre Hangendmergel mit zahlreichen Süßwasserschnecken und -muscheln und darüber brackische und marine Bildungen mit *Pecten Hertlei*, *Chenopus Trifailensis* u. a., nach Stur und Hoernes auch *Cerithium margaritaceum*, *plicatum*, *Melanopsis Hantkeni*, *Psammodia aquitanica*, *Cytherea incrassata*, *Mytilus aquitanicus*, *Cyrena semistriata* u. a.

Auch hier fehlt also, ähnlich wie im Zsyltal, eine untere marine Bildung gänzlich.

Zusammenfassung: Die bei der Oligozänmolasse des Nordalpenvorlandes geschilderten Verhältnisse haben uns im Vorangehenden zu dem Schlusse gedrängt, daß der marine Charakter aller aufeinanderfolgenden Schichtengruppen gegen West zu sich immer schwächer ausprägt, vielfach ganz aufhört und Land- und Süßwasserbildungen Platz macht: Die

¹⁴⁶⁾ D. Stur, Geologie der Steiermark. 1871, S. 537 u. ff. — R. Hoernes, *Anthracotherium magnum Cuv.* aus den Kohlenablagerungen von Trifail. Jahrb. d. k. k. Geol. Reichsanst., 26. Bd., 1876, S. 209. — A. Bittner, Die Tertiärallagerungen von Trifail und Sagor. Ebenda, 34. Bd., 1884, S. 483.

untere Meeresmolasse geht aus einem in Oberbayern bis an die östlichste Grenze ihres Vorkommens gut charakterisierten Meeresgebilde mit den Resten eines einst reichen marinen Lebens gegen den Bodensee und die Schweiz zu in immer ärmerliche, auf große Strecken überhaupt kaum nachweisbare Entwicklung über; die folgenden Cyrenenschichten hören westlich des Lechs auf und werden hier von dem mächtigen Verbande der bunten Molasse vertreten; das Gleiche findet auch bei den hochmarinen Promberger Schichten statt, wie nicht minder bei den darüber aufsetzenden jüngsten Cyrenenschichten (Heimbergschichten).

All deren Auftreten macht den Eindruck einer vom Osten her erfolgenden Verbindung mit frischem Seewasser oder größeren Brackwasseransammlungen, während gegen Westen zu Landbildungen ihren Einfluß immer mehr zur Geltung bringen und zuletzt alleinherrschend werden. Ja, wir mußten die Forderung stellen, daß es im Osten sogar Gebiete geben haben müsse, die durchaus marin — auch zur Zeit der brackischen Cyrenenschichten — entwickelt waren, in denen auch während der Zeit der letzteren die Fauna der älteren Meeresmolasse sich erhielt, um in den jüngeren Promberger Schichten in gleicher Zusammensetzung unverändert wieder zu erscheinen.

Bei Besprechung des Anschlusses nach Westen haben wir dann gesehen, daß hier die Verhältnisse diesen gewonnenen Ergebnissen durchaus entsprechen und den geschilderten Charakter der bayerischen Oligozänablagerungen erst vollends verständlich machen.

Gehen wir anderseits gegen Osten, so finden wir zunächst die spärlichen Vorkommen zwischen dem österreichischen Alpenrande und der böhmischen Masse. Wir müssen uns hier einen langgestreckten, stellenweise fjordartig verschmälerten, stellenweise vielleicht beckenartig erweiterten Meeresarm vorstellen, der zudem von den damals einsetzenden Schubbewegungen der Alpen zeitweise mehr oder weniger verengt oder sogar gänzlich geschlossen wurde und dadurch den Zuzug frischen Seewassers oder den Anschluß an ausgiebige brackische Gewässer in verschiedenen Zeiträumen verschieden stark beeinflußte, sogar ganz unterbrach.

Als Wirkung finden wir in Bayern nach offener Verbindung zur Zeit der unteren Meeressmolasse die veränderliche Abschnürung während des Zeitalters der Cyrenenschichten, wo Meeresbildungen mit Zeiten weitgehender Verengung des Zulaufweges, selbst völliger Unterbindung desselben wechselten und dadurch verschieden stark ausgeprägte Brackwasser-gebilde und häufig genug Süßwasserseen und -Sümpfe hervorriefen, in deren Flachmooren die Kohlenflöze zur Ablagerung gelangten. Auch Reste von Bewohnern des offenen Meeres finden wir zeitweise vertreten; sie deuten als Gegensatz der stärksten Abschnürung und Aussüßung die reichlichere Eröffnung von Zuzug aus ihrem Ursprungsgebiet an.

Vielleicht mag dieses Heranziehen von lokalen Ursachen angesichts der allgemeinen Verbreitung der Cyrenenschichten des Oberoligozäns als eines meeresabgewandten Typus anstößig erscheinen. Sicherlich hatte ja diese Erscheinung an sich eine allgemeine Ursache. Mit Obigem soll jedoch bloß das Schwanken einerseits zu rein mariner, anderseits zu lakustrer oder terrestrischer Ausbildung zu erklären versucht werden.

Ob im weiteren östlichen Verfolge der Alpenwall in der Gegend von Wien einer Verbindung mit dem Graner Becken des gleichen Zeitalters hinderlich war, muß dahingestellt bleiben. Bei Gran selbst finden wir eine Entwicklung, die sich jener Oberbayerns nahe an die Seite stellt; nur scheinen die älteren Meeresbildungen in einer abweichenden Tiefsécfazies vertreten zu sein; über den vollständig gleichwertigen Cyrenenschichten (mit Kohlenflözen) finden wir auch hier typisch und reich entwickelte marine Ablagerungen (*Pectunculus*-Sande), entsprechend unseren bayerischen Promberger Schichten.

Der große Gang der Entwicklung ist daher an beiden Stellen der gleiche.

Die zwischen den beiden Meereshorizonten gelegenen Cyrenenschichten treten in Ungarn im weiteren östlichen Verlaufe immer mehr zurück. Sie fehlen im Ofener Gebirge bereits ganz. Hier finden wir daher schon das ganze Oligozän in mariner Ausbildung vorhanden, wie wir das für den Osten von Oberbayern aus gefordert haben.

Gegen Süden zu, im östlichen Untersteier und in Krain, tritt anderseits der marine Einschlag stark zurück. Wir haben hier zwar den flözführenden Horizont mit den charakteristischen brackischen Einlagerungen wieder stark vertreten, jedoch fehlt unmittelbar unter ihm jede Meeresvertretung, nur ober ihm macht sich eine solche stellenweise geltend.

Dagegen setzt sich die Graner Ausbildungsform unserer Ablagerungen in besonderer Weise nach Siebenbürgen fort; insbesondere der mittlere Teil des siebenbürgischen Beckens schließt sich derselben enge an, ein reicher Wechsel von marinen und brackischen Ablagerungen mit solchen des Süßwassers ist hier vertreten.

Gegen Süden zu tritt eine littoriale Entwicklung immer mehr hervor; ganz im Süden, im Zsyltal, fehlen wieder, wie in Steiermark, die unteren Meeresbildungen gänzlich. Die mittlere Schichtengruppe ist ganz ähnlich wie in Oberbayern, mit einem gleich vielfachen Wechsel von zahlreichen Kohlenflözen, von Süßwasser-, Brackwasser- und Meereseinlagerungen entwickelt, vielleicht ebenfalls daherrührend, daß es wie die oberbayerische Voralpensecke nur durch einen verhältnismäßig engen und daher leicht veränderlichen Zugangsweg mit dem Hauptmeeres- und Brackwassergebiet verbunden war.

Gegen Norden und Nordosten hingegen zeigen sich uns wieder nur Meeresablagerungen des oberen Oligozäns, und zwar zunächst in Seichtseeausbildung, die weiter gegen Osten in solche der Tiefsee übergeht. Auch hier ist daher wieder, wie schon im Ofener Gebirge, die Forderung nach einer durchwegs marin Ablagerung des Oberoligozäns erfüllt.

Die weitere Verfolgung dieser unserer Schichten wird nunmehr jedoch immer unsicherer. Zwar finden wir im Dnjepr- und Donetzgebiet in der Poltawa- und der tieferen Charkow-Stufe nach S o k o l o w¹⁴⁷⁾ Vertreter des westlichen Aquitanien und Ligurien, insbesondere die letztere stellenweise mit reicher mariner Fauna, erstere mit braunkohlen- und bernsteinführenden Schichten, ebenso auch im nordwestlichen Rußland und in der Krim Schichten, die hiehergestellt werden, doch fehlen nach genanntem Autor noch immer die Anhaltpunkte zu einer einigermaßen sicheren Entscheidung.

¹⁴⁷⁾ N. S o k o l o w. Die untertertiären Ablagerungen Südrusslands. Mém. du comité géol. Vol. IX, Nr. 2, Petersburg 1893, S. 324.

Der Umstand jedoch, daß sich in der siebenbürgischen Oligozänfauna so zahlreiche Anknüpfungspunkte an das norddeutsche Oligozän finden, muß der Vermutung Raum geben, daß hier eine ausgiebige Verbindung vorhanden war, wenn wir über deren näheren Verlauf heute auch noch nicht unterrichtet sind.

Das Vorkommen der oben angeführten oberoligozänen Meeresfauna im südlichen Mähren weist überdies darauf hin, daß auch hier eine Verbindung unseres bayerischen Oligozänmeeres mit anderen Gebieten offenstand, einerseits längs der Karpathen gegen Osten — Siebenbürgen? — anderseits gegen Norddeutschland, und so den geforderten Zusammenhang herstellt.

D. Der Aufbau der Oligozänmolasse.

In dem langen, nur wenige Kilometer breiten Streifen, den die Oligozänmolasse am Nordalpenrand einnimmt, sind deren Schichten in intensive, Ost-West-streichende Falten zusammengeschoben. Der Untergrund, das wahre Liegende der Molasse ist dabei nirgends bekannt geworden. Die südliche Begrenzung gegen das Alpengebirge, sowie die nördliche gegen das vorliegende jüngere Tertiärland sind große Längsstörungen, das Nebeneinander beiderseits derselben daher kein ursprüngliches.

Die Störungen selbst sind von ziemlich geradlinigem oder doch davon wenig abweichendem Verlaufe.

Von alpiner Seite stoßen an die südliche Störungslinie meist Flyschgesteine an, jedoch auch Kreide *) und Nummuliteschichten, also durchwegs Gebilde, die erst nach einer Sedimentationslücke den tiefsten Molasseschichten im Alter nach abwärts folgen. Auf der anderen Seite finden wir dagegen stets die ältesten Molasseschichten, die untere Meeresmolasse, mit mehr oder weniger steil aufgerichtetem, sogar überkipptem südlichen Muldenflügel an die Bruchlinie angrenzen.

*) Selbstredend betrifft des Alters nicht als Gegensatz zum Flysch gemeint, da letzterer ebenfalls zum nicht geringen Teil diesem Zeitalter angehört, wie aus den mehrfachen Funden von Inoceramen (so bei Neubeuern und Litzeldorf im Inntal, sowie bei Schliersee, am Zwiesel und am Hörnle) und von Ammoniten (ein fraglicher *Desmoceras* von Litzeldorf und neuerdings ein gut erhaltener Abdruck mit Seitenohren von Schliersee) hervorgeht.

Letztere selbst mit den beiderseits unmittelbar anliegenden Schichten läßt sich eigentlich nur an einer einzigen Stelle beobachten, die durch den Bergbau geschaffen wurde. Sonst ist, der Zertrümmerung des Gebirges entsprechend, selbstredend gerade dieser Streifen einem natürlichen Aufschluss äußerst ungünstig.

Im Allgäu ist A. Rösch¹⁴⁸⁾ zwischen Balderschwang und Sonthofen der Berührungszone zwischen Flysch und Molasse mit besonderer Aufmerksamkeit nachgegangen und er kommt zu dem Ergebnisse: „1. daß die Kontaktfläche als solche in diesem Gebiete nirgends sichtbar ist; 2. daß aus dem Verlaufe der Grenzlinie und der Höhenkurven hervorgeht, daß die Kontaktfläche wenigstens an einigen Stellen mit 65° gegen Norden geneigt ist; 3. daß diese Trennungsfläche keinerlei Parallelismus mit dem Verlaufe der Molasse- und Flyschschichten hat; 4. daß somit die heutige Anlagerungsfläche der Molasse an den Flysch keine ursprüngliche sein kann und deren Neigung nicht als die Folge einer einfachen Überfaltung gedeutet werden darf.“ (S. 349.)

Auch „für die Annahme, der Flysch sei über die Molasse erhoben, kann kein Anhaltspunkt gewonnen werden“.

Ist Rösch daher geneigt, stellenweise, zum Beispiel beim Kitzenstein, eine nach Nord geneigte Berührungsfläche anzunehmen, so weist A. Rothpletz¹⁴⁹⁾ darauf hin, daß man an anderen Stellen („für die Strecken vom Kitzenstein bis Balderschwang, im Ostertal und beim Obergeisrückentobel“) „eine ungefähr gleich starke Neigung, aber nicht nach Nord, sondern nach Süd“ gemäß der Verschneidungslinie der Formationsgrenzen mit den Höhenkurven errechnen kann (S. 152); vom Hüttenberger Eck an mag sie ebensogut vertikal stehen, wie auch nach Nord oder Süd geneigt sein.

Weiter im Westen, im Allgäu-Vorarlberger Molassegebiet, verdanken wir Tornquist¹⁵⁰⁾ diesbezügliche Beobachtungen.

¹⁴⁸⁾ A. Rösch, Der Kontakt zwischen dem Flysch und der Molasse im Allgäu. Mitteil. d. Geogr. Ges. München. Bd. I, 1905, S. 313.

¹⁴⁹⁾ A. Rothpletz, Der Kontakt zwischen dem Flysch und der Molasse im Allgäu. Jahresber. u. Mitteil. d. Oberrhein. geol. Ver. Neue Folge, Bd. 5, 1916, S. 145.

¹⁵⁰⁾ A. Tornquist, Die Allgäu-Vorarlberger Flyschzone und ihre Beziehungen zu den ostalpinen Deckenschüben. Neues Jahrb. f. Min. 1908, I. Bd., S. 63.

Danach fallen dort „die Molassebänke an dem Kontakt mit dem Flysch fast ausnahmslos noch dem letzteren zu“ ein (S. 109). Der Flysch ist nach ihm daher der Molasse aufgeschoben, der Aufschub konnte erst nach der Molassefaltung erfolgt sein, beides aber während des oberen Miozäns. Die Überschiebungsschicht ist im Gegensatz zu solchen, die zwischen Flysch und Molasse in der Schweiz beobachtet wurden, überall steil gestellt. Es tritt hier dadurch der Überschiebungskarakter nicht so scharf hervor.

Ampferer und Hammer¹⁵¹⁾ führen von Nesselwang im Wertachtale an der Flyschgrenze, gleichwie schon Gumbel 1861, steil nach Süd geneigte Molasseschichten (Mergel, Sandstein und Konglomerate, letztere besonders im Süden) an. Die Grenzzone ist jedoch durch „nachgiebige, rutschige Sedimente ganz verwischt“, sie ist „obwohl nicht genauer erschlossen, sicher als Ausstrich einer bedeutenden Störungszone zu bezeichnen“ (S. 536).

Gegenüber diesen unsicheren Ergebnissen von Beobachtungen an der Tagesoberfläche wurde durch den Vortrieb des bereits an früherer Stelle erwähnten, über 1000 m langen Stollens zu dem unterirdischen Zementsteinbrüche Marienstein; südlich von Schafftach, ein klarer Aufschluß über diese unsichere Störungslinie erzielt. Er wurde schon 1888 von Gumbel¹⁵²⁾ beschrieben und dessen Beschreibung später von Ammon¹⁵³⁾ vervollständigt.

Von Norden nach Süden vordringend, zeigt der Stollen am Mundloch zunächst gegen 40 m 65° N-fallende Cyrenenschichten der Bausteinzone. Darauf durchfuhr er bis etwa 480 m zuerst reich fossilführende, dann fossilarme, zuletzt im größeren Teile aber ganz fossilleere Tonmergelschichten der

¹⁵¹⁾ A. Ampferer und W. Hammer, Geologischer Querschnitt durch die Ostalpen vom Allgäu zum Gardasee. Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst. 61, Bd., 1911, S. 531.

¹⁵²⁾ W. v. Gumbel, Nachträge zu der geognostischen Beschreibung des bayerischen Alpengebirges. II. Aus den Tölzer Bergen. 1. Das Vorkommen von Nummulitenschichten bei Oberkammerloch. Geogn. Jahresh., I. Jahrg., Cassel 1888, S. 172.

¹⁵³⁾ L. v. Ammon, Geognostische Beobachtungen aus den bayer. Bergen. B. Das Zementsteinbergwerk Marienstein. Ebenda, VII. Jahrg., 1894, Cassel 1895, S. 99.

unteren Meeresmolasse. Hier traf er eine 5 bis 6 m breite, fast senkrecht stehende (mit ihrem nördlichen Salband schwach nach Nord geneigte) Störung, die mit vollständig zerriebenem Material ausgefüllt ist. Hernach laufen die grauen Tonmergel der unteren Meeresmolasse wieder mit gleichem Nordeinfalten und vollkommen ungestört bis etwa 500 m der Stollenlänge weiter. An dieser Stelle erreicht der Stollen die Hauptstörung; zunächst etwa 10 m nur zerriebenes, dunkelgraues Kluftausfüllungsmaterial, das in die folgenden Schichten ohne scharfe Sonderung übergeht.

Diese bestehen nach Gümibel bis 676 m aus „vorherrschend dunkelgrauen Mergeln, welche in ihrer Lagerung sehr gestört sind und keine Versteinerungen erkennen lassen“. Das von vielen Klüften und Spalten durchzogene Gestein zeigt steil südliches, öfters auch nördliches Einfallen. Die geologische Stellung ist unsicher. „Petrographisch am nächsten kommen sie den sogenannten Stockletten des Kressenberges und würden demnach zu den Nummuliten-schichten gehören“. Bei 605 m und bei 640 m stellten sich kalkige, von Nummuliten erfüllte Lagen ein, bei 625 m mehrere eisenhaltige Sandsteinflözchen. „Es schließt sich demnach die Nummulitenbildung, die über Tag bisher nicht bekannt war, ohne eine Zwischenlagerung von Flysch unmittelbar an die mitteloligo-zänen Mergel in ungleichförmiger Lagerung an. Bemerkenswert ist hier nur das fast gänzliche Fehlen oder die Seltenheit anderer größerer organischer Einschlüsse, Fragmente von *Ostrea gigantea*, *Spondylus bifrons*, *Pecten Muensteri* etwa ausgenommen.“

Mit dem 676. m stellen sich nunmehr wieder steil nördlich oder südlich einfallende „Lagen eines hellfarbigen, gelblich bis graulich weißen Mergels“ ein mit *Inoceramus cf. Crispi* und *Belemnitella mucronata*, nach Ammon auch noch mit *Ostrea hippopodium*, *Rhynchonella plicatilis* var. *octoplicata*.

Auf diese oberkretazischen Zementmergel folgen nach Ammon bei 920 m (der Stollen ist heute so weit nicht mehr zugänglich) „Schichten vermutlich der tiefsten Eozänbildung oder vielleicht schon dem Flysch angehörig; jedenfalls setzt der Flysch die weiter südwärts folgenden, nicht mehr vom Stollenbau erreichten Bergmassen zusammen.“

Uns interessieren hier zunächst nur die unmittelbar hinter den Tonmergeln der unteren Meeresmolasse nach der Kluft folgenden Schichten. Es sind dunkelgraue, dünnflaserige, meist steil stehende Mergel; zwischen den ganz flachen, allseits ausgewalzten, vielfach gebogenen und geknitterten Flasern liegen überall, ganz unregelmäßig verteilt, ganz ebensoleiche weiße, sich im Querschnitt stets nach kurzem Verlaufe spitz auskeilende Kalkspateinlagerungen. Das Ganze macht daher gar nicht den Eindruck eines primären Gebildes, sondern dürfte am ehesten als das Zerstörungsergebnis einer großen Dislokation aufgefaßt werden müssen. Obertags stehen die gleichen Schichten in der östlichen Fortsetzung im nahen Festenbachgraben in der gleichen Beschaffenheit an.

Dieser ganze, von Gümibel und Ammon als Nummulitenschichten bezeichnete, etwa 176 m mächtige Komplex wäre daher nach obiger Auffassung mehr das Arbeitsprodukt der großen südlichen Grenzstörung, die unsere Oligozänmolasse von den eigentlichen Voralpengesteinen trennt. Die vorkommenden Nummulitenbänke wären dann nur eingemengte Trümmer, selbstverständlich von in der Nähe an die Zerrüttungszone anstoßenden Nummuliten-schichten herrührend. Es erklärt sich daher auch das nur undeutliche Vorkommen von Versteinerungen in diesem völlig verdrückten, zerquetschten und ausgewalzten Gestein; ich selbst fand nur undeutliche, arg zerdrückte Reste von solchen.

Von einer Überschiebung der alpinen Gesteinsschichten über die Molasse, wie dies vom Nordrand der Schweizer Alpen berichtet wird (Heim, Steinmann, Blumer u. a.), ist hier daher nicht die geringste Andeutung vorhanden; hier wie eigentlich nirgends in Oberbayern.¹⁵⁴⁾ Denn südliches, das heißt gegen die Störungszone zu gerichtetes Einfallen der Molasseschichten bedeutet doch an sich keineswegs notwendig

¹⁵⁴⁾ Im Gegensatz zum Beispiel zu den Angaben von Heritsch (Handbuch der regionalen Geologie. II. Bd., 5. Abt. Die österreichischen und deutschen Alpen etc. Heidelberg 1915, S. 55), nach welchem »zwischen der Iller und Salzach die Flyschzone die Molasse überschiebt«, oder ähnlich zu Kober (Über Bau und Entstehung der Ostalpen. Mitteil. der Geol. Ges. Wien. V., 1912, S. 8 und 11).

eine Überschiebung der Molasse durch die südlich der Störung gelegenen Sedimente.

Zudem ist vorhandenes südliches Einfallen der Molasse stets sehr steil; im übrigen aber, dieser Steilheit entsprechend, das Einfallen überhaupt sehr wechselnd: Im Trauntale im äußersten Osten fällt die südlichste Molasse steil nach Nord, südlich des Chiemsees vielfach ebenso nach Süd, im Prien-tale wieder steil Nord (oder saiger), bei Höhenmoos westlich davon desgleichen. In der nun folgenden Haushamer Mulde herrscht bis zum Schlierachtale Südfallen; hier stellen sich die Schichten allmählich auf den Kopf, um weiter bis zur Isar in Nordfallen überzugehen (vgl. den Mariensteiner Zement-stollen). In der anschließenden Penzberger Mulde finden wir nach kurzem Südfallen bei Tölz am Buchberge bis zur Loisach wieder 50 bis 70° nördliches Einfallen, bei Penzberg selbst wieder steil südliche Schichtenstellung, ebenso anscheinend vorherrschend in der weiteren Murnauer Mulde.

Es kann da wohl von einer Überschiebung nicht gut gesprochen werden. Dazu kommt noch, daß Molasse und alpine Gesteine stets durch eine mindest mehrere hundert Meter breite, aufschlußlose Zone getrennt sind, welche durch das zerquetschte Material der großen Störung bedingt ist. Alles macht den Eindruck, daß die von Süden andringenden alpinen Massen die Molasse bloß vor sich her geschoben hätten, nicht aber, daß letztere von ersterer überwältigt und überfahren worden wäre.

Wäre dies der Fall, so müßte es als ausgeschlossen gelten, daß überall die tiefsten Schichten der Molasse (die untere Meerestmolasse) an ihrem Südrande, noch dazu stets ungefähr gleich breit, sich zu Tage zeigt. Eine Überschiebung müßte ihr überwältigtes Vorland sicherlich viel unregelmäßiger und verschieden weit bedeckt haben. Aber eben dies allgemeine Ausstreichen der unteren Meerestmolasse überall an der südlichsten Grenze des Molasselandes deutet zweifellos auf ein vollständiges und restloses Nebeneinander von Flysch (oder sonstigen Sedimenten des Alpenrandes) und Molasse hin.

Wie diese südliche, ist nun auch die nördliche Begrenzung der oligozänen Molasse Oberbayerns durch eine große Störung, hier aber eine nachweisbare Überschiebung, bewirkt

Am klarsten wird sie wieder durch einige unterirdische Aufschlüsse dargelegt.

So in letzter Zeit durch den großen, 7 km langen Wasserstollen im Leizachtal.¹⁵⁵⁾ Die brackischen Cyrenenschichten schließen hier zunächst mit dem Horizont der Quarzsande ab, dem unmittelbar die Promberger Schichten mit etwa 300 m Mächtigkeit folgen, die hier aber wieder von etwa 150 m Cyrenenschichten vollständig gleichförmig abgelöst werden, worauf eine Partie stark gestörten Gebirges auftritt. Zur Charakterisierung dieser Störungszone sei meine damalige Beschreibung wiedergegeben:

Gleich nach der ersten größeren Störung finden sich im Stollen auffallende weiche Fleckenmergel, darauf wieder eine ganz zerriebene Muschelbreccie mit *Cyrena semistriata*, Cerithien und Ostraeen, weiter wieder etwa 10 m die gleichen Fleckenmergel, diesmal aber mit zahlreichen Resten von *Helix*, dann zertrümmerte graue Cyrenenmergel, Brüche, wieder 10 bis 12 m Fleckenmergel, Störung, Sandsteine hellgrau mit Fragmenten größerer Muscheln (etwa 5 m), Störung, Fleckenmergel und Sandsteine, dann etwa 10 m ganz zertrümmerten Gebirges, worauf wieder die weichen Fleckenmergel auftreten und nunmehr etwa 55 m anhalten! An einer Stelle führen sie in den Klüften und Rutschflächen reichlich Gipseinlagerungen. Dann tritt nach einer starken Störung wieder grauer weicher Sandstein in den Stollen, Flözschnitzen finden sich darin, bald stellen sich neue Störungen ein, die sich im weiteren Verlaufe immer mehr häufen, zwischen den einzelnen Trümmern auch wieder Fleckenmergel führen, bis plötzlich wieder graue, etwas sandige Mergel mit *Cyrena semistriata*, große Ostraeen, *Cerithium margaritaceum*, *Melanopsis Hantkeni* hereinbrechen; nach 7 m legen sich diese gestört unter etwa 35° S auf eine schwache Bank von Fleckenmergeln auf, denen nunmehr ein intensiv grüner, feiner, in Salzsäure nicht brausender, weicher Quarzsandstein folgt, der weiterhin mit weißem (zum Teil brausendem) Sand wechselt und nach einer großen Störung wieder von weichen Fleckenmergeln mit *Helix* abgelöst wird. Durch etwa 10 m folgt nun eine

¹⁵⁵⁾ K. A. Weithofer, Über neuere Aufschlüsse in den jüngeren Molasseschichten Oberbayerns. Verhandl. d. k. k. Geol. Reichsanst. 1912, S. 347.

stark zertrümmerter Zone von Fleckenmergeln mit durcheinandergeworfenen grauen Mergeln und Sandsteinen, in denen sich zahlreiche Muschelbänke mit *Melanopsis*, *Cyrenen*, *Cerithien*, Unionen und Ostraceen finden.

Hiemit ist nach etwa 250 m Mächtigkeit die große Störungszone abgeschlossen und es folgen nun graue Sandsteine mit *Pectunculus Fichteli* und *Venus umbonaria*, der oberen marinen Molasse bereits angehörig.

War es hier möglich, im einzelnen das Bild der mechanischen Zerstörung bei dieser großen Dislokation, in der Trümmer aller möglichen benachbarten Schichten wirr durcheinandergeworfen scheinen, festzuhalten, so konnte sie als Überschiebung bei früheren Auffahrungen in der Grube Penzberg in verschiedenen Meereshöhen zeichnerisch dargestellt werden.¹⁵⁶⁾ Ähnlich wurde sie schließlich auch in der Grube Peissenberg angefahren und weiter ober Tags verschiedentlich festgestellt, so daß über ihren Verlauf zu meist kein Zweifel bestehen kann.

Demgemäß beginnt sie im Osten bei Traunstein südlich der Haslacher Mühle im Trauntale, geht im Chiemsee nahe dem Südufer vorüber, verquert das Pratal zwischen Prien und Wildenwart und das Gelände südlich des kleinen Timminger Sees (Schlosser).

Jenseits des breiten Inntales befinden sich die bekannten ausgedehnten Aufschlüsse des Kaltenbachtales, die Gümbel beschreibt und auf die K. Mayer, Depéret, Fuchs u. a. Bezug nehmen. Sie sollen dem tiefsten Miozän angehören und in ihrem südlichsten Teile zwischen Harrein und Gern nach Gümbel¹⁵⁷⁾ von den zunächst bekannten Cyrenenschichten etwa 350 m entfernt sein. Was Gümbel unter den letzteren meint, ist mir nicht ganz klar; jedenfalls befindet sich aber noch im obersten Kaltenbachgraben selbst, nördlich von Schmid in der Grub, ein vereinzelter Aufschluß von Cyrenenschichten in Form von etwa Ost-West streichenden und wie die nächsten Miozänschichten etwa 60° Süd fallenden Sandsteinen und

¹⁵⁶⁾ K. A. Weithofer, Verhandl. d. k. k. Geol. Reichsanst. 1899, S. 269, und Jahrb. d. k. k. Geol. Reichsanst. 1902, S. 39.

¹⁵⁷⁾ Gümbel, Die miozänen Ablagerungen im oberen Donaugebiete, Sitzber. d. k. Akad. d. Wiss., math.-naturwiss. Cl., Wien 1887, S. 272.

grauen Mergeln mit Cerithien und Cyrenen sowie einem Kohlenflöz. Im Streichen in die querschlägige Richtung zu den letzten bekannten, von Gümibel erwähnten Miozänschichten projiziert, sind sie von letzteren etwa 100 m gegen Süden zu entfernt. Hier muß daher die Scheidelinie durchgehen, unbekannt allerdings wie.

In dem nahen Leizachtal ist sie in dem Wasserstollen als die beschriebene große Störungszone festgestellt, im Mangfalltal durch die Aufschlüsse zwischen Neumühl und der Reisachmühle, weiter durch solche und durch Schurfbau bei Wies südlich des Taubenberges; dann ist sie auf längere Erstreckung durch mächtige Glazialschotter verdeckt und erst wieder im Isartal bei Rimselrain bekannt.

Westlich der Loisach wurde sie bei Promberg in den dortigen Grubenbauen in zwei Horizonten mit roten Mergeln und Konglomeraten angefahren, woraus sich ein mit 45° gegen Süd gerichtetes Einfallen derselben ergab; sie geht von hier in flach südwärts gekrümmten Bogen um den Ostersee herum und dann Peissenberg zu, wo die Störungszone wieder in der Grube aufgeschlossen wurde. Sie enthält hier (wie bei Penzberg?) jüngere bunte Molasse eingeklemmt. Ähnlich anscheinend auch am Bühlach, westlich von Peissenberg.

Vom Hohen Peissenberg wendet sie sich in Süd-West-Verlaufe dem Südgehänge des Auerberges jenseits des Lechs zu. Gümibel zeichnet hier zwar bei Eschach Cyrenenschichten auf seiner geologischen Karte der bayerischen Alpen ein, doch konnte ich in dem von hier zum Auerberg aufsteigenden Graben nur jüngere bunte Molasse mit Sandsteinen und mächtigen Konglomeraten bei verschiedenem Fallen (meist steil nördlich, sogar auch westlich) und Streichen erblicken. In dem Gebiete südlich davon (Fuchs-Bichl, Lehenbach und Seitengräben) stehen jedoch wiederum Schichten an mit 45 bis 60° südlichem Fallen, die sicher der älteren bunten Molasse mit ihren härteren, mehr verfestigten bunten Kalkmergeln angehören.

Weiter läuft die Grenze im allgemeinen mit ostwestlichem Streichen bis Kempten. Am Lenzfried, östlich davon, beißen überall sehr steil südfallende Bänke des Muschel-sandsteines der oberen Meeresmolasse aus. Nähert man sich

im Illertal vom Süden her Kempten, so trifft man anderseits schon von Hegge an ganz flach (10 bis 15°) gegen Süd geneigte Sandsteine und Mergel. Sie schließen bei Kottern die bekannte Fundstätte von Pflanzenresten Gümbeis ein, die Heer als der grauen Molasse der Schweiz am nächsten stehend bezeichnet. Gümbel sieht in diesen Schichten daher die einzigen sicheren Vertreter dieses Horizontes im Bereich unserer voralpinen Molasse. Sie legen sich sogar Kempten zu immer noch flacher; die letzten Bänke stehen im Flusse nördlich der großen Brücken an und bilden damit hier einen auffallenden Kontrast zu den unmittelbar östlich benachbarten steilen Muschel-sandsteinschichten des Lenzfriedes. Man dürfte nicht fehlgehen, auch hier wieder die Störungslinie dazwischen erkennen zu können.

Hier bei Kempten knickt der Verlauf der Grenzlinie scharf nach Süd-West um. Westlich Rothkreuz an der Rottach stehen überall steil aufgerichtete Konglomeratbänke und bunte Mergel der oberen Süßwassermolasse an. Der Mangel an Fossilien, überhaupt an den im Osten so scharf und bezeichnend gegliederten Schichten macht ein weiteres Erkennen derselben immer schwieriger.

Wie die südliche Grenzstörung scharf zwischen oligozäner Molasse und alpinen Schichten scheidet und kein Fall bekannt ist, daß Gesteine einer dieser beiden Gruppen wechselweise über diese Störungslinie in das Gebiet der anderen hinübergetreten wäre,*) genau so scharf sind beiderseits der nördlichen Störungslinie oligozäne und miozäne Schichten voneinander getrennt, wobei nur zu bemerken ist, daß mangels von führenden Versteinerungen die jüngere bunte Molasse von Peissenberg und die pflanzenführenden, flach liegenden Schichten der angeblichen „grauen Molasse“ von Kottern (südlich von Kempten) bis auf weiteres zum Schichtenverband der oligozänen Molasse gerechnet werden.

*) Die von M. Schlosser (Zur Geologie des Unterinntales. Jahrb. k. k. Geol. Reichsanst. 1909, 59. Bd., S. 549) von der Hermannsquelle zwischen Kiefersfelden und Kufstein nahe der bayerischen Grenze erwähnten Konglomerate mit einer Flora, die sie ins obere Oligozän oder untere Miozän stellt, sowie der jüngsten Schichten von Reut im Winkel mit einer ähnlichen Flora, beide Örtlichkeiten bisher ohne jede tierischen Versteinerungen, kommen als Süßwasserschichten hier nicht in Betracht.

Was nun zwischen diesen beiden Grenzstörungszonen liegt, ist in einem langgestreckten, schmalen Streifen in meist kräftige Falten gelegt. Auch in diesem schmalen Streifen kann man jedoch noch entsprechend der beigeschlossenen Karte auf Tafel I, so weit bekannt, zwei durchgehende Hauptlängsbruchlinien, wahrscheinlich steile Überschiebungen, erkennen, die in nordsüdlicher Richtung drei Faltungszonen unterscheiden lassen.¹⁵⁸⁾ Jede dieser drei Faltungszonen stößt dabei nacheinander von West nach Ost an einem staffelförmigen Vorsprung des Alpenrandes ab und nur die nördlicher gelegenen Faltungszonen allein gehen je nach Osten weiter, und zwar ohne jede Veränderung oder Ausbiegung ihrer Streichrichtung.

Die streichende Ausdehnung dieser drei Faltungszonen ist in unserem Gebiete daher nicht gleich.

Vom Lech her tritt im Süden die südliche Faltungszone, die Murnauer Mulde, in dieses Gebiet ein; sie zieht, wie dies die Kartenskizze anzeigt, bis zur Loisach fort, wo sie sich wammenförmig schließt. Dieser Muldenabschluß hebt sich auch orographisch scharf aus dem Loisachmoor bei Kochel hervor. Gegen Norden ist sie durch eine gerade fortlaufende Störungslinie von der mittleren Faltungszone getrennt; wo die Murnauer Mulde im Süden endigt, also von der Loisach an, setzt diese Störungslinie, ohne ihren geradlinigen Verlauf zu unterbrechen, als südliche Grenzstörung am Alpenrande fort.

Die nördlich vorgelegte, durch die eben genannte Störung von der Murnauer Falte getrennte mittlere Faltungszone beginnt ebenfalls am Lech als die breite Rottenbucher Mulde¹⁵⁹⁾ und setzt im weiteren westlichen Verlaufe als Penzberger Mulde fort. Bei Penzberg verliert sie im Süden die Begleitung der Murnauer Mulde und legt sich nunmehr unmittelbar dem um die Breite der letzteren nach Norden vorspringenden Alpenrande bei unverändertem Streichen an. An der Isar, bei Tölz, hebt sie sich schließlich im Streichen sattelförmig ganz heraus, so daß hier die untere Meeresmolasse zum Vorschein

¹⁵⁸⁾ Vgl. K. A. Weithofer, Die Entwicklung der Anschauungen über Stratigraphie und Tektonik im oberbayerischen Molassegebiet. Geol. Rundschau, Bd. V, 1914, S. 76.

¹⁵⁹⁾ Vgl. die Darstellung bei Gillitzer, a. a. O.

kommt, sinkt jedoch sofort wieder neuerlich als nun beginnende Haushamer Mulde zur Tiefe, als welche sie nunmehr bis zum Inn unmittelbar am Alpenrand weiterläuft.

In bemerkenswert gleicher Weise wie die Murnauer Mulde an der Loisach schließt sie sich vor dem Inn, gegenüber dem jenseits des letzteren wieder um ihre Breite nach Norden vorspringenden Alpenrand. Auch ihr wattenförmiger Abschluß tritt hoch und scharf aus der weiten, moorigen Ebene des Inntales südlich von Rosenheim hervor.

Auch diese mittlere Faltenzone wird gegen die dritte, nördlichste durch eine tiefgreifende Störungslinie getrennt, die auch hier am Inn wieder in geradem Verlaufe unmittelbar an den Alpenrand heraustritt und weiterhin die Grenze zwischen der nunmehr gegen Ost allein weiter fortziehenden nördlichen Faltungszone und dem Alpengebirge bildet.

Diese letztere, nördliche Faltungszone beginnt im Westen am Lech als Peissenberger Mulde, setzt als Nonnenwaldmulde bei Penzberg fort, ist jenseits der Isar, nördlich von Schafflach, durch diluviale Schottermassen fast ganz verdeckt, erscheint an der Mangfall als Miesbacher Mulde wieder, tritt südlich von Aibling als Auer Mulde in die moosige Inntalebene, verliert hier im Süden die Begleitung der Haushamer Mulde und streicht östlich des Inns allein bis an die Traun, südlich von Traunstein, weiter. In diesem letzten Teile bildet sie anscheinend nur eine schmale Mulde oder wohl gar nur den Südflügel einer solchen. Da im Prinentale in der ganzen Breite der oligozänen Schichten nur untere Meerestolasse anzustehen scheint, während östlich und westlich ganz nahe davon wieder flözführende Cyrenenschichten auftreten, mag man hier vielleicht an einen ähnlichen Sattel in der Streichungsrichtung denken, wie bei Tölz.

Westlich des Inns besteht diese nördliche Faltungszone jedoch, im Gegensatz zur südlichen oder mittleren, mit deren einheitlichen Mulden, neben einer Hauptmulde meist auch noch aus ein bis zwei Nebenmulden.

Vom Westen her bis zur Gebirgsrandstaffel der Loisach sind daher drei Faltungszonen in nord-südlicher Richtung nebeneinander gelagert. Die südlichste stößt hier an der Loisachstaffel ab und von da bis zur Staffel des Inns sind da-

her nur mehr zwei Faltungszenen vorhanden. Weiter gegen Ost streicht dann nach Abstoßen auch der mittleren an der vorspringenden Innstaffel nur eine einzige, die nördliche, bis in die Gegend über Traunstein hinaus, um hier ebenfalls an dem nach Norden vordrängenden Alpenrand ihr Ende zu finden.

Aus dieser Anordnung der drei Faltungszenen ergibt sich, daß der sonst ziemlich gerade Verlauf der südlichen Grenzstörung am Inn sowohl wie an der Loisach je eine Verschiebung nach Süden um die Breite der neuen Mulde erfährt, deren näherer Charakter jedoch nicht festgestellt werden kann, da weite moosige Talebenen sich gerade an diesen Stellen vorfinden.

Die stratigraphische Zusammensetzung der einzelnen aufgezählten Mulden und Falten ändert sich natürlich nach ihrer Lage: Von Süden nach Norden nehmen immer jüngere Elemente der Schichtenreihe am Aufbau teil, von Westen nach Osten wird letzterer durch die immer mehr zurücktretende bunte Molasse und die als Ersatz zunehmenden Cyrenenschichten in seiner Zusammensetzung verändert.

Die südliche Faltungszone, mit ihrer südlichsten und westlichsten Murnauer Mulde, besteht bloß aus unterer Meeresmolasse, darüber — wenigstens im Osten derselben — einem schmalen Band von Cyrenenschichten, zumeist in der Ausbildung der sandigen und konglomeratischen Bausteinzone, mit wenigen und schwachen Kohlenflözchen, das ganze Innere ist von unterer bunter Molasse mit reichlichen Konglomerat-einlagen ausgefüllt. Es erinnert dies bereits lebhaft an die Faziesausbildung westlich des Lechs.

Die mittlere Faltungszone ist im Westen ganz ähnlich zusammengesetzt, führt jedoch schon in der Rottenbucher Mulde einen beträchtlichen Kern von Cyrenenschichten, wenn auch ohne nennenswerte Flözvorkommen, bei Penzberg aber bereits eine mächtige Folge dieser ober der bunten Molasse gelegenen Cyrenenschichten mit der reich ausgebildeten jüngeren Flözgruppe und schließt hier mit der untersten Region des Quarzsandhorizontes ab. Die bunte Molasse ist noch stark entwickelt, weiter nach Osten wird sie jedoch immer mehr reduziert und ist östlich der Isar (im westlichen Teile der Haus-

hamer Mulde) überhaupt nur noch spurenweise angedeutet. Dafür werden hier über der unteren Meeresmolasse die Cyrenenschichten immer mächtiger und führen bei Hausham die reichen Lager der unteren Flözgruppe; bis zur oberen scheint die Entwicklung hier nicht gediehen zu sein. Es fehlt daher bis heute auch jede Spur des Quarzsandhorizontes.

Die nördliche Faltungszone beginnt im Westen in der Tiefe nachweisbar — wenn auch nicht an der Tagesoberfläche — mit der unteren bunten Molasse und reicht hier bis in die weit verbreitete und mächtige obere bunte Molasse. Die letzten Andeutungen der ersten scheinen sich im Osten im Mangfalltale zu finden; der Quarzsandhorizont ist dagegen hier im Osten mehrfach vertreten, ebenso wie die Promberger Schichten. Als obere bunte Molasse dürfen aber nur Vorkommen in der nördlichen Störungszone des Leizachstollens gedeutet werden können. Unter dem Quarzsandhorizont ist in der ganzen Erstreckung dieser Faltungszone die jüngere Flözgruppe, so bei Peissenberg, in der Nonnenwaldmulde bei Penzberg, dann bei Miesbach und Au, vorhanden.

Der Aufbau unserer Oligozänmolasse stellt sich daher von Ost nach West, entsprechend der Angliederung immer neuer Faltungszonen im Süden, immer reicher dar: Im Osten ist nur eine einfache Mulde, vielleicht sogar nur ein Muldenflügel entwickelt, eingeklemmt im Süden und Norden zwischen den beiden Hauptstörungen.

Vom Inn westwärts schließt sich im Süden, getrennt durch eine steile Überschiebung, eine neue Mulde an, die Haushamer Mulde der mittleren Faltungszone; ihr Südflügel ist im Westen stark überkippt,¹⁶⁰⁾ zeigt von der Schlierach gegen Westen jedoch nördliches Einfallen. Die vorgelagerte nördliche Faltungszone mit steil gestelltem, stellenweise sogar überkipptem Südflügel besteht bei Au aus einer großen Hauptmulde und gegen die nördliche Grenzstörung zu aus mehreren kleinen Nebenmulden. Bei Miesbach begleitet nebén einer unbedeutenden nördlichen Nebenmulde eine solche auch

¹⁶⁰⁾ Hier treten jene auffallenden Erscheinungen von lebhaften Gebirgsspannungen mit ihren Auslösungen, den Gebirgsschlägen, auf, die ich vor einigen Jahren zum größten Teile als Reste dieser tektonischen Vorgänge bezeichnete (Über Gebirgsspannungen und Gebirgsschläge. Jahrb. d. k. k. Geol. Reichsanst. 1914, Bd. 64, S. 99).

im Süden, unmittelbar angedrückt, die Miesbacher Hauptmulde, deren jüngste Schichten der Quarzsandhorizont bildet.

Im benachbarten Leizachtal schließt in dem schon mehrfach erwähnten großen Wasserstollen an eine der Miesbacher entsprechende Hauptmulde gegen Norden zu, von ihr durch eine steil stehende Störung getrennt, der überkippte Südflügel einer neuen Mulde an; er zeigt steil südfallend zunächst den Quarzsandhorizont der Cyrenenschichten, daran normal anschließend die Promberger Schichten und weiter wieder, immer gleichmäßig steil südfallend, Cyrenenschichten, die durch die große nördliche Störungszone abgeschnitten werden. Jenseits derselben tritt uns dann schon die obere Meeresmolasse und weiter die obere Süßwassermolasse entgegen.

Die Miesbacher Hauptmulde schließt sich im Westen in dem durch die obere Flözgruppe bezeichneten Horizont an der Mangfall; etwas weiter im Westen, bei Bernloh, wurde durch eine Bohrung unmittelbar unter der Schotterdecke bereits die bunte Molasse nachgewiesen. Die Cyrenenschichten, und zwar hier die obere Partie derselben, scheinen sich an dieser Stelle daher gegen die Überdeckung zu schon ganz herausgehoben zu haben.

An der Isar ist die mittlere Faltungszone durch ihren streichenden Sattelaufbruch nur angedeutet; der Aufschluß in der nördlichen Faltungszone ist hier im Isartalprofil zu lückenhaft, um ein Bild ihres Aufbaues zu geben.

Am Buchberg hat sich die mittlere Faltungszone mit der östlichen Fortsetzung der Penzberger Mulde jedoch schon wieder deutlich eingestellt, auch die Schürfungen nördlich davon lieferten ein Bild, das ungefähr jenem der nördlichen Faltungszone im Penzberger Profil entspricht.

Bei Penzberg sehen wir die mittlere Faltungszone, mit der Penzberger Mulde, mit überworfenem Südflügel zuletzt noch die Südgrenze der Molasse abgeben; sie hat hier ausnahmsweise im Norden eine kleine verquetschte Nebenmulde (die Langseemulde des Bergbaues) vorgelagert, ehe sie durch die vom Osten her forlaufende Störung von der nördlichen Faltungszone der Nonnenwaldmulde, getrennt wird. Der steil gestellte, doch nicht überkippte Südflügel der letzteren ist durch eine die Hauptverwerfung unter schiefem Winkel schneidende

Nebenstörung eine Strecke hindurch verdoppelt; gegen die nördliche Grenzstörung zu zeigt der Nordflügel einen gut gekennzeichneten Schleppungssattel. Die Mitte der Mulde wird von ausgedehnten Promberger Schichten gebildet, der Kern derselben sogar von wieder flözführenden Cyrenenschichten (?).

Weiter nach Westen verbreitert sich das Gebiet der Oligozänmolasse südwärts noch um die südliche Faltungszone, die Murnauer Mulde. Ihr Südflügel ist wieder steil aufgerichtet, vielfach sogar nach innen zu übergeneigt. Sie führt im Innern keine Cyrenenschichten mehr. Gegen Norden vorliegend — der Hausham-Penzberger Mulde entsprechend und durch die gleiche streichende Störung von ihr getrennt — befindet sich die Rottenbucher Mulde mit bereits, aber allerdings noch recht schwach entwickelten Cyrenenschichten, sowie zu jüngst oberer bunter Molasse in ihrer Mitte. Bis zum Lech heben sich die Cyrenenschichten nach Gillitzer ganz heraus. Ungefähr am Längstal der Ammer stößt sie mittels einer Überschiebung an die nördliche Faltungszone, die Peissenberger Mulde, die anscheinend hauptsächlich mit dem Nordflügel entwickelt ist. Sie ist mit dem zugehörigen Bühlach das westlichste Entwicklungsgebiet der kohleführenden Cyrenenschichten. Eine neuere Überschiebung — die große nördliche Grenzstörungszone — scheidet sie von der nun folgenden miozänen Meeresmolasse, deren anliegende Schichten schleppungsweise hoch aufgerichtet und überkippt sind; weiter nördlich folgt jedoch bald ganz flache Lagerung.

Diese Lagerungsweise nördlich der Grenzstörung wurde schon mehrfach betont. Die miozänen Schichten stehen, wie hier, meist sehr steil, sogar überkippt. Es ist in der Regel die obere Meeresmolasse in verschiedener Ausbildung, vor allem jedoch grauer Sandstein und Konglomerat. Auf sie folgt dann überall die sogenannte „obere Süßwassermolasse“ in Form von milden, bunten oder roten Tonmergeln, sowie oft sehr groben Konglomeraten. Stellenweise fehlt jenseits der großen Grenzstörung die obere Meeresmolasse und es zeigen sich sofort die bunten Mergel und Konglomerate der oberen Süßwassermolasse angelegt.

Diese bunten Mergel führen auch in diesem Horizonte fast ausschließlich Landschnecken: *Helix*, *Archaeozonites*.

Cyclostoma, *Clausilia* u. a., nur selten auch Schnecken und Muscheln des Süßwassers! Sie bilden daher offenbar ein auch ihrer Entstehung nach vollständiges Analogon mit der oligozänen unteren und oberen bunten Molasse.

Sie werden gewöhnlich als der oberen Meeresmolasse gleichförmig aufgelagert angenommen; an der einzigen Stelle jedoch, wo man die Berührung unmittelbar beobachten konnte, im großen Wasserstollen des Leizachtales, kamen sie plötzlich durch eine Störung im Schichtenverlauf in den Stollen herein. Dazu kommt, daß sie mit etwa 55° bis 65° nach Norden fielen, während die vorangehenden Sandsteine der oberen Meeresmolasse steil gegen Süden standen.

Noch an einer zweiten Stelle konnte ich ähnliche Verhältnisse obertags, wenn auch nicht in ähnlich unmittelbarer Aufeinanderfolge, beobachten: Vor dem Austritt des bekannten Kaltenbaches aus seinem Graben bei Dettendorf (oder Tödtendorf) stehen am nördlichen Steilufer zu oberst flach (20 bis 30°) nördlich fallende Konglomerate an, darunter ganz weiche graue Sandsteine mit Kohlenbrocken und *Archaeozonites*. Es ist also sicher obere Süßwassermolasse. Einige Meter bachaufwärts finden sich jedoch am anderen Ufer des Baches im Wasser bereits steil südfallende harte Sandsteine der oberen Meeresmolasse. Auch hier scheint daher eine vollständig diskordante Lagerung mit einer Störung zwischen den beiden Schichtenverbänden vorzuliegen.

Zeigten sich die miozänen Schichten unmittelbar jenseits der nördlichen Grenzstörung in sehr gestörter Lagerung, meist steil gestellt, sogar überworfen, so betont schon G ü m b e l, dass diese Aufrichtung gegen Norden zu überall sehr rasch abflaut und einer mehr oder weniger flachen, fast horizontalen Lagerung Platz macht.¹⁶¹⁾

Die Ursache dieser auffallenden Erscheinung hat er in dem vindelizischen Gebirgskern gesucht, zumal dieses vindelizische Gebirge auch durch andere bemerkenswerte und sonst schwer erklärbare Tatsachen gefordert zu werden scheint.

Es hat auch viel Bestechendes für sich, diesen Urgebirgskern als Widerlager anzunehmen; an den sich die durch den Alpenschub zusammengestauchten Oligozänschichten stau-

¹⁶¹⁾ G ü m b e l, Geologie von Bayern, II. Bd., S. 318 (und a. a. St.).

ten, während die nördlich von diesem Widerlager gelegenen Schichten von der Bewegung unberührt blieben. Vielleicht haben daher diese „vindelizischen Phantasien“ doch noch einige Berechtigung, so lange nicht bessere Erklärungen gefunden werden.

Bekanntlich hat auch der auffallende Gegensatz zwischen der Entwicklung des deutschen und alpinen Mesozoikums in petrographischer, wie in faunistischer Hinsicht zur Annahme einer solchen trennenden Barre geführt, wie nicht minder jene fremdartigen Elemente in konglomeratischen Gesteinen des Nordalpenrandes, die ja schon Studer zu ähnlichen Vermutungen gedrängt haben.

Unter allen Umständen müssen wir für die oligozänen (und miozänen) Schichten ursprünglich eine viel breitere Ablagerungsfläche annehmen; eine Ausehnung der zusammengeschobenen Schichten mit einer Korrektur für an den Störungslinien infolge späterer Abrasion fehlende Stücke ergibt in nordsüdlicher Richtung eine mindestens doppelt so große Breite als heute.

Nach Norden kann diese Verbreiterung der horizontalen Ablagerung der anstoßenden Schichten wegen für keinen Fall angenommen werden, sie muß sich daher ausschließlich gegen Süden erstreckt haben. Ob man dabei ein vindelizisches Widerlager annimmt oder nicht, ist für den Effekt zunächst gleichgültig. Wir kommen so zu dem Schlusse, daß das ursprüngliche Südufer des oligozänen Meeresarmes oder der Nordrand des damaligen Südlandes zum mindesten 10 bis 12 km weiter gegen Süden zu, also nahe der heutigen Tiroler Grenze, gelegen sein mag; im Osten ist der Betrag entsprechend den jetzt bekannten Schichten geringer, im Westen größer.

Welche Gebirgsschichten bildeten nun dieses damalige Ufer? Wir haben schon früher mehrfach bemerkt, daß der Untergrund unserer Molasse nicht bekannt ist, wir haben aber auch die vorwiegend quarzigen Konglomerate kennengelernt, die in der Bausteinzone an der Grenze zwischen der unteren Meeresmolasse und den Cyrenenschichten ein bezüglich ihrer Herkunft so rätselhaftes Schichtenelement bilden. Da sie ihrem Auftreten entsprechend nur von Süden her eingetragen worden sein können und da ihre Verbreitung in

ostwestlicher Richtung eine allgemeine ist, müssen sie unbedingt von einem Strandl stammen, der dieses Urgebirgsmaterial geliefert hat. Die heutigen Gebirgsschichten der Nordalpen können diesen Strandl aber nicht gebildet haben.

Entweder muß man sich daher entschließen, zwischen Oligozän und dem jetzigen Alpenrand einen derartigen, heute nicht mehr vorhandenen Urgebirgsrücken anzunehmen, der später, nach Eintritt des großen Alpenschubes, von den herandrängenden Gebirgsmassen überwältigt, in der Tiefe verschwand, wodurch aber die durch ihn ursprünglich getrennten Molasse- und Alpengesteine erst in direkte Berührung traten. Daß er an die Phantasie gewisse Anforderungen stellt, ist selbstredend; wie aber schließlich andere Theorien nicht minder.

Es kann dies das gleiche vindelizische Gebirge gewesen sein; das gleiche, das in seiner ursprünglichen Gesamtausdehnung einst die deutsche Trias bis Kreide von den gleichzeitigen Meeresgebilden der alpinen Region trennte. Auch dieses wird ja sehr breit angenommen, muß sich nach Lang¹⁶²⁾ zur Keuperzeit weit über den Nordrand der Alpen hinaus gegen Süden erstreckt haben, um jene Fläche zu schaffen, die für den Keuper die notwendigen Sedimente geliefert haben kann. „Das Ausmaß der Überschiebung der nördlichen Kalkzone in den Ostalpen muß mindestens 80 bis 100 km und wahrscheinlich ganz beträchtlich mehr betragen haben“ (S. 258).

Die Sedimente zur Kreide-, Eozän- und Unteroligozänzeit mögen sich an dessen südlicher Abdachung abgelagert haben. Sie wären also autochthon. Es wird für gewisse Gerölle des Cenomans und des Flysch Johnnies von manchen (Broili¹⁶³⁾) nördliche Herkunft derselben — ebenfalls von dem vendelizischen Urgebirgsrücken — angenommen.

Es wäre dadurch auch erklärt, warum die unteroligozänen Ablagerungen von Reut im Winkel,¹⁶⁴⁾ von Häring

¹⁶²⁾ R. Lang, Das vindelizische Gebirge zur mittleren Keuperzeit Jahresh. d. Ver. f. vaterländ. Naturk. in Württemberg. 67. Jahrg., Stuttgart 1911, S. 218.

¹⁶³⁾ F. Broili, Kampenwand und Hochplatte. Neues Jahrb. f. Min., Beilagebd. 37, S. 434.

¹⁶⁴⁾ Gumbel, Die Tertiärschichten von Reut im Winkel. Geogr. Jahresh. Bd. 2, 1889, S. 163.

und ähnliche nicht weiter nach Norden vorkommen, im Innern der Alpenketten bleiben und trotz der großen Nähe mit der Örtlichkeit der späteren Molasseablagerungen nichts zu tun haben. Zu ihrer Zeit war im Molassegebiet relativ hoch gelegenes Land.

Zur Zeit des Einbruches der oberrheinischen Ebene etwa, wie G ü m b e l , L e p s i u s u. a. darauf hinweisen, oder wenig später müßten wir dann auch hier durch einen ähnlichen Vorgang mitten durch das vindelizische Gebirge mittelst Grabenbruches die Bildung der Rinne für die oligozäne Molasse annehmen, so daß ein nördlicher und ein südlicher Teil stehen blieb. Auf die geringe Wahrscheinlichkeit ihrer unmittelbaren Verbindung mit dem oberrheinischen Graben wurde dabei schon früher aufmerksam gemacht. In diese Rinne drangen von Osten die Meeresfluten ein. Zur Ablagerungsperiode der Bausteinzone müssen dann lebhafte tektonische Veränderungen in der stehen gebliebenen südlichen Partie dieses alten Urgebirges vor sich gegangen sein, vielleicht eben deren beginnende Überwältigung und Versenkung, die zunächst das viele quarzige Material dieser Schichten lieferte.

Mit der marinen Transgression der oberen Meeressmolasse wurde dann über die ursprüngliche Voralpenniederung der oligozänen Molasse nach Norden hinaus der nördliche Teil des vindelizischen Gebirges überflutet, worauf dann darüber auch noch die Ablagerung der oberen Süßwassermolasse erfolgte.

Jetzt muß der südliche Teil des vindelizischen Gebirges ganz in der Tiefe verschwunden sein, über ihn hinweg drängten die alpinen Massen, die Kreide, eozäne und unteroligozäne Gebilde des Alpenrandes vor sich her schiebend, gegen die Molasseablagerungen an, preßten sie zusammen bis zu dem unterirdisch stehen gebliebenen, durch die miozänen Bildungen verdeckten nördlichen Urgebirgsrücken, schoben sie schließlich auch noch auf diesen teilweise hinauf (unsere nördliche Grenzstörung oder Überschiebung), wobei die jenseits dieser Überschiebung zunächst gelegenen miozänen Schichten schleppungsweise noch steil aufgerichtet wurden, selbstredend aber nur auf geringe Erstreckung, worauf weiter gegen Norden die ursprünglich horizontale Ablagerung im großen und ganzen nicht mehr gestört wurde.

Eine ähnliche Rolle, wie hier das vindelizische Gebirge, spielt bei Zuber¹⁶⁵⁾ dessen hypothetisches und gleichfalls kristallinisches Dobrudtscharandgebirge, das er zwischen der podolischen Tafel und dem Karpathenflyschmeer einschaltet und das ebenso zur oberoligozänen Zeit reichlich fremdartige Konglomerate für die damaligen Ablagerungen liefert hat, um dann ebenfalls in der Tiefe zu versinken.

Noch einer eigentümlichen Erscheinung wäre hier zu gedenken am Platze, die nicht ganz aufgeklärt erscheint: Wir haben die „staffelförmige“ Ausbildung des Nordalpenrandes in unserem Gebiete kennen gelernt, ebenso wie die Tatsache, daß die nördlichen Bruchbegrenzungen der in diesen zwei „Staffeln“ eingelagerten Oligozänmulden sich über die Loisach und den Inn je gegen Osten an den Alpenrand hinaus gradlinig fortsetzen und an eben diesen Flüssen keinerlei Knickung oder Ausbiegung erkennen lassen. Das müßte aber der Fall sein, wenn der heutige Alpenrand mit seinen zwei „Staffeln“ in dieser seiner Form bereits gegen die vorerst doch flach liegenden Oligozänschichten gedrückt hätte. Die genannten nördlichen Begrenzungsbruchlinien der Murnauer und Haushamer Mulde müßten ja dann etwa um die halbe Breite (das heißt bei der angeführten Zusammenschiebung der Falten auf deren halbe nordsüdliche Ausdehnung) der Mulden in jeden der beiden Staffellräume von Norden her hereingedrückt worden sein. Sie gehen nun aber stets vom Alpenrand in die Molasse in ostwestlicher Richtung gradlinig weiter, folglich müssen die beiden Staffellräume in nordsüdlicher Richtung ursprünglich, das heißt vor der Faltung, doch doppelt so breit gewesen sein! Ob und inwieweit dies mit den heutigen komplizierten Anschauungen im Alpenbau in Übereinstimmung gebracht werden kann, muß ich Berufeneren zur Beurteilung überlassen.

Das Vorkommen der exotischen Gerölle der Bausteinzone wurde oben mit der alten Gumbelschen Annahme des ehemaligen Vorhandenseins des vindelizischen Gebirges zu erklären versucht, zumal auch andere Tatsachen auf ein solches hinweisen.

¹⁶⁵⁾ R. Zuber, Neue Karpathenstudien. Jahrb. d. k. k. Geol. Reichsanst. 1902, S. 256.

Bekanntlich wird aber die Herkunft der mächtigen Geröllablagerungen der schweizer subalpinen Nagelfluh, die nach Steinmann weniger dem Material der anstehenden Kalkketten als den Gesteinen der Klippen und Decken entsprechen, eben von diesen Faltungsdecken einer vormitteloligozänen Zeit hergeleitet, die damals die nordschweizerischen Kalkketten bedeckten und von denen heute nur mehr wenige Überbleibsel, wie die Mythen, das Buochser- und Stanserhorn, u. a. vorhanden sind. Die in die schweizer Molasse eingeführten Gerölle mußten daher vor allem dieser heute nur mehr in geringfügigen Überresten existierenden Decke entstammen. „Nach Ablagerung der Molasse erfolgte ein neuer Zusammenschub, der die Decken mitsamt dem Untergrunde und die südlichen Teile der Molasse in Falten legte und den vordersten Teil der Decken über die Molasse hinausgeschoben.¹⁶⁶⁾

Die Decken sind nach Steinmann daher älter als die Molasse. In der Zeit der letzteren wurden sie dann zerstört und ihr Material zur Molassebildung mit verwendet. Nach der Molassezeit wurden durch neue Faltungen die Decken über die Molasse geschoben.

Heim¹⁶⁷⁾ allerdings hält diese Ansicht Steinmanns, die die subalpine Nagelfluh von den fertigen Decken der Klippen herleitet, für übereilt; nach ihm fand umgekehrt „die Brandung der alpinen Überfaltungsdecke erst nach vollendeter Molassefaltung statt und fällt zwischen Oberst miozän und Mittelpliozän, am wahrscheinlichsten in das ältere Mittelpliozän“.¹⁶⁸⁾ Die Zeit der Molassefaltung war hingegen am wahrscheinlichsten das jüngste Miozän. Flysch und Kreide der helvetischen Decke sind daher durch Überfaltung auf das bereits erodierte Nagelfluhgebirge hinaufgeschoben.

¹⁶⁶⁾ G. Steinmann, Geologische Probleme des Alpengebirges. Zeitschr. d. Deutsch. u. österr. Alpenvereins. Bd. 37, 1906, S. 22 und 80.

¹⁶⁷⁾ Arnold Heim, Zur Frage der exotischen Blöcke im Flysch, nebst einigen Bemerkungen über die subalpine Nagelfluh. Eclogae geol. Helv. Bd. IX, Lausanne 1906, S. 417.

¹⁶⁸⁾ Arnold Heim, Die Brandung der Alpen am Nagelfluhgebirge. Vierteljahrsschr. d. naturf. Ges. in Zürich. 51. Jahrg., 1906, S. 460.

¹⁶⁹⁾ J. J. Fröh, Beiträge zur Kenntnis der Nagelfluh der Schweiz. Neue Denkschr. d. allg. schweiz. Ges. f. d. ges. Naturw. Bd 30, 1890, S. 180.

Auch nach Früh¹⁶⁹⁾ stammen die Nagelfluhgerölle nicht von den Gesteinen der Klippen, sondern von Westtirol (Bozen), Engadin, Veltlin, bis Lago maggiore her.

Die Ergebnisse der Untersuchungen Tornquists¹⁷⁰⁾ an der Flysch-Molassegrenze des Allgäu schließen sich mehr den Anschauungen Steinmanns an und gehen dahin, „daß die Grenze zwischen Flysch- und Molassezone mit der Molassefaltung gleichzeitig erfolgt sei und daß dieser Aufschub des Flysches auf die Molasse nicht erst nach der Faltung der Molasse erfolgt sein kann“. Den Zeitpunkt beider Vorgänge verlegt er in das obere Miozän, hingegen die Deckenschübe in das ältere, ihr Ende in das obere Oligozän. Die Grenzfläche zwischen Flysch und Molasse ist aber sehr steil gestellt (mit Südfallen), daher der Charakter als Überschiebung nicht so deutlich hervortritt.

Auch Ampferer¹⁷¹⁾ schließt aus dem geradlinigen Verlaufe derselben, daß wir bis zur beobachteten Tiefe eine ungefähr saigere Fläche vor uns haben, die er aber für eine Verwerfung hält.

Nach Steinmann und Tornquist wäre es daher möglich, daß das Geröllmaterial der Bausteinzone aus diesen voroberoligozänen Deckenschüben stammt, die ja bis zu 120 km weit aus der Gegend des heutigen Drautales herrühren sollen. Genaue Untersuchungen dieser Gerölle — wie wir sie für die schweizer Molasse in der Arbeit Fröhls besitzen — könnten da wohl wichtige Aufschlüsse geben.

Im Sinne der Deckentheorie dürfte sich in den Ostalpen das Verhältnis zwischen Molasse und Alpen nach Kober¹⁷²⁾ folgendermaßen gestaltet haben: Bereits vor dem Oberoligozän muß die Überschiebung der ostalpinen Decken auf die lepontinischen erfolgt sein, so daß letztere, wie übrigens zum großen

¹⁶⁹⁾ A. Tornquist, Die Allgäu-Vorarlberger Flyschzone und ihre Beziehungen zu den ostalpinen Deckenschüben. Neues Jahrb. f. Min. 1908, I. Bd., S. 110.

¹⁷⁰⁾ O. Ampferer, Bemerkungen zu den von Arnold Heim und A. Tornquist entworfenen Erklärungen der Flysch- und Molassebildung am nördlichen Alpensaume. Verhandl. d. k. k. Geol. Reichsanst. Wien 1908, S. 198.

¹⁷¹⁾ L. Kober, Über Bau und Entstehung der Ostalpen. Mitteil. d. Geol. Ges. Wien, V., 1912.

Teil auch die helvetischen Decken, zur Oberoligozänzeit im Norden ganz überdeckt waren. Im unteren Miozän fand dann eine weitere Überschiebung der helvetischen (samt der ostalpinen) Decke auf die Molassezone statt. Dabei „sind auch die südlichen Molassezonen durch die Decken der Alpen vom Untergrunde abgelöst, gefaltet, nach Norden vorgeschoben worden und von den Alpen überfahren. So trennt eine Störungslinie erster Ordnung das Molasseland von den Alpen“ (S. 11). In den Ostalpen hört damit der Deckenschub auf, in der Schweiz wandern noch „nach dem Miozän die Decken weiter über die Molasse“.

Die Molasse „verdankt ihre Entstehung den nordwärts drängenden Decken der Alpen“; „die Kalkdecken branden im Oligozän ans Molassemeer und dieses wird in der unteren Süßwassermolasse von alpinem Deckenschutt zugeschüttet“ (S. 108). Allerdings hält Kober die Konglomerateinlagen der Cyrenenschichten mit *Cerithium margaritaceum* und *Cyrena semistriata* für eine Kalknagelfluh (S. 6), was nur zum geringen Teil richtig ist; meist handelt es sich um Gerölle quarziger Natur.

Auch wurde schon an früherer Stelle erwähnt, daß von Überschiebungen, besonders im Sinne der Deckentheorie, die unsere Molasse erlitten haben soll, nicht gut die Rede sein kann; dem widerspricht die ganze Ausbildung der südlichen Begrenzung der Molasse, wie nicht minder die Art und Weise, wie die untere Meeressmolasse am Südrand auftritt. Die alpinen Gesteine liegen hier überall neben der tiefsten, stets gleichmäßig entwickelten Schichtengruppe der oligozänen Molasse, von dieser durch eine steil gestellte Störung getrennt.

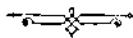
Die Molasse ist vom Untergrund aufgeschürft und von den nach Norden drängenden Alpen vor sich hergeschoben worden, gleichgültig, ob dies Decken oder autochthone Gebirgsteile waren.

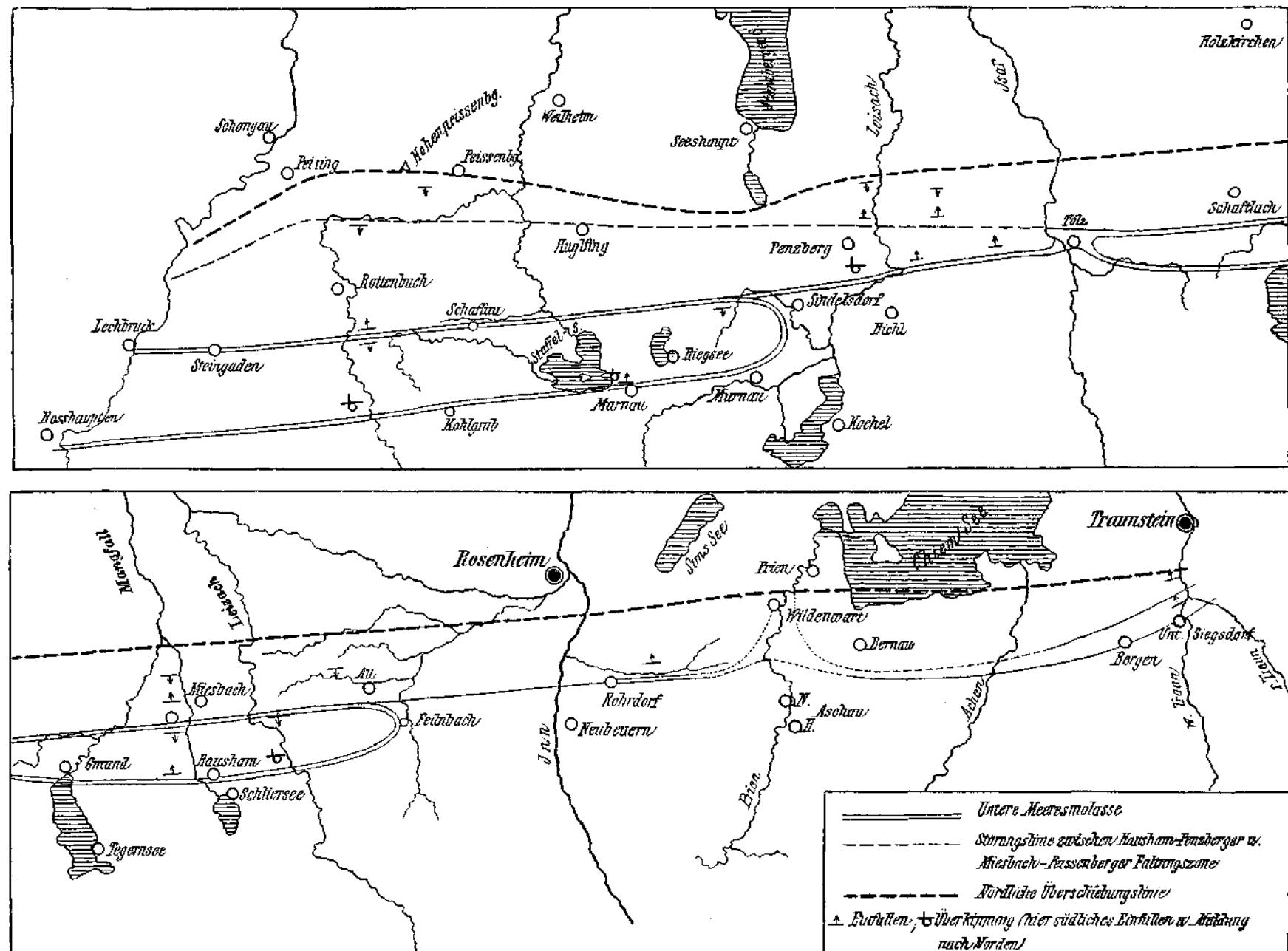
Auch für das benachbarte Allgäu scheint es nach Roesch, Tornquist und Rothpletz genau ebenso zu sein.

Die Berührung der bayerischen Molasse mit dem Alpenrand dürfte daher nach unserer Auffassung überhaupt nicht geeignet sein, etwas zur Lösung alpiner Deckenfragen beizutragen. Sie verhält sich dazu ganz indifferent.

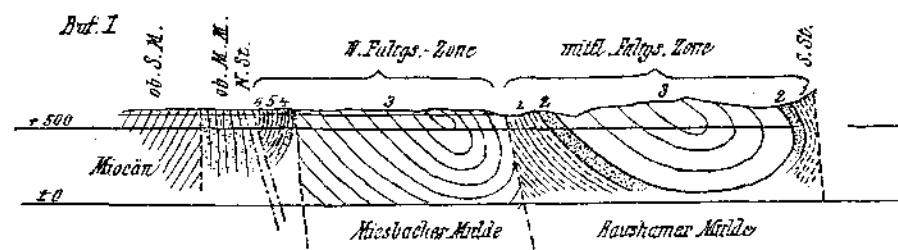
Inhalt.

	Seite
A. Historischer Überblick	1
B. Stratigraphischer Teil	15
1. Untere Meeresmolasse	15
2. Bausteinzone (Übergangszone)	21
3. a) Die brackische Molasse (Cyrenenschichten)	26
b) Die ältere bunte Molasse	37
c) Die Kohlenflöze und ihre Kohle	48
4. Die Promberger Schichten	49
5. Jüngere Ablagerungen, an die Cyrenenschichten oder die Prom- herger Schichten in unmittelbarer Folge anschließend	53
Zusammenfassung	58
C. Vergleich mit Ablagerungen ähnlichen Alters.	
a) Anschluß nach Westen	65
b) Anschluß nach Osten	81
Zusammenfassung	97
D. Der Aufbau der Oligozänmolasse	101





Die oligozäne Molasse zwischen Lech und Traun. Maßstab 1:1½ Million.



1 = untere Meeressmolasse
 2 = Bausteinzone
 u. b. M. = untere bunte Molasse
 3 = Cyrenen-Schichten
 4 = Quarzsand-Zone
 5 = Promberger Schichten
 6 = Cyrenen-(Heimberg-)Schicht.
 ob. b. M. = obere bunte Molasse
 ob. M. M. = obere marine Molasse
 ob. S. M. = ob. Süßwasser-Molasse
 N. St. = Nördl. Grenz-Stör. (S. St.)

