

VOLKER JACOBSHAGEN

Geologisch-paläontologisches Institut der Universität Marburg (Lahn)

LIAS UND DOGGER IM WEST-ABSCHNITT DER NÖRDLICHEN KALKALPEN

In den Nördlichen Kalkalpen zwischen Wettersteingebirge und Rhein sind Lias und Dogger in zwei Faziesgruppen ausgebildet: Allgäu-Schichten (« Mergel- » und « Kiesel-Fazies ») und Rotkalke (« Kalkfazies »). Die Allgäu-Schichten wurden lithologisch und biostratigraphisch in 3 Abteilungen gegliedert, die z. T. noch in Schicht-Gruppen unterteilt werden konnten. Sie wurden in Becken abgelagert und erreichen Mächtigkeiten bis zu 1500 m. Dagegen wurden Rotkalke — Cephalopoden - Knollenkalke (« Adnether Fazies ») einerseits, Brachiopoden- und Crinoiden-Kalke (« Hierlatz-Fazies ») andererseits — auf schmalen Schwellen am nördlichen und südlichen Kalkalpen-Rand sedimentiert und sind höchstens einige Dekameter mächtig. Fazies- und Mächtigkeitsverteilung passen an vielen Stellen nicht zu dem lange Zeit angenommenen Teildecken-Bau des Gebietes.

EINLEITUNG

Im westlichen Teil der Nördlichen Kalkalpen zwischen Wetterstein-Gebirge und Rhein (Fig. 1) unterschied man mit ROTHPLETZ 1886/87 zwei verschiedene Ausbildungen des Jura: Mergel-Fazies und Kalk-Fazies. Als typisch für die Mergelfazies galten in Lias und Dogger die Allgäu-Schichten (« Jura-Fleckenmergel »). Zur Kalk-Fazies rechnete man vorwiegend rote Crinoiden-Kalke mit grösseren Brachiopoden-Faunen (« Hierlatz-Kalk ») und ebenfalls bunte, oft knollige Cephalopoden-Kalke (« Adnether Kalke »). KOCKEL, RICHTER & STEINMANN 1931 haben dazu als dritte Fazies noch eine kieselige Entwicklung ausgeschieden, und viele der späteren Autoren sind ihnen gefolgt.

Neue Untersuchungen (BESLER 1959; HUCKRIEDE 1959 a und b; JACOBSHAGEN 1958, 1964; KOCH & STENGEL-RUTKOWSKI 1959) ermöglichen nun einen detaillierteren stratigraphischen und paläogeographischen Überblick über den unteren und mittleren Jura in diesem Bereich. Dabei hat sich gezeigt, dass Kalk- und Mergel-Fazies einander sehr viel näher stehen, als dies dem kartierenden Geologen zunächst erscheinen mag (FABRICIUS 1962, JACOBSHAGEN 1965). Ein grosser Teil der Allgäu-Schichten hat einen ebenso hohen Kalkgehalt wie viele Gesteine der « Kalk-Fazies »; ja es kann sogar vorkommen, dass die « Adnether » Cephalopoden-Schichten mergeliger sind als grosse Partien der « Fleckenmergel ». Crinoiden-Kalke kommen überdies auch in den Allgäu-Schichten immer wieder vor. Mikrofaziell sind sich beide Fazies ebenfalls sehr ähnlich. Abgesehen von der Farbe, liegt der

Unterschied vor allem darin, dass die Allgäu-Schichten sehr reichlich Fukoiden führen, die den roten Schichten nahezu ausnahmslos fehlen. Ausserdem zeigt sich, dass die Allgäu-Schichten meistens sehr viel mächtiger als gleichaltrige Rotkalke sind. FABRICIUS schloss aus diesen Gründen mit Recht, dass die Allgäu-Schichten rasch auf schlecht belüfteten Meeresböden, die Rotkalke dagegen langsamer in einem Sauerstoff-reicheren Milieu abgelagert worden seien, während die übrigen Sedimentationsbedingungen für beide Fazies annähernd die gleichen waren.

Paläogeographisch ist in erster Linie zwischen Allgäu-Schichten und Rotkalken, gleichsam zwischen « Grau-Fazies » und « Rot-Fazies » zu unterscheiden (wobei ein Begriffspaar von FABRICIUS 1962 in eine höhere Grössenordnung übertragen wird). Demgegenüber erscheint die kieselige Ausbildung im hier behandelten Gebiet lediglich als eine besondere Variante im Fazies-Spektrum der Allgäu-Schichten. Sie unterscheidet sich mikrofaziell nur graduell von den üblichen Fleckenkalken und mergeln dadurch, dass die stets vorhandenen Reste kieseliger Organismen (Nadeln von Kiesel-schwämmen, Radiolarien) etwas angereichert sind (Fig. 8 und 9). In Schichtprofilen sind kalkig-mergelige und kieselige Gesteine durch Wechsellaagerungen eng mit einander verbunden.

ALLGÄU-SCHICHTEN

Charakteristisch für die Allgäu-Schichten sind dunkelgraue Kalke oder Mergelschiefer mit Fukoi-

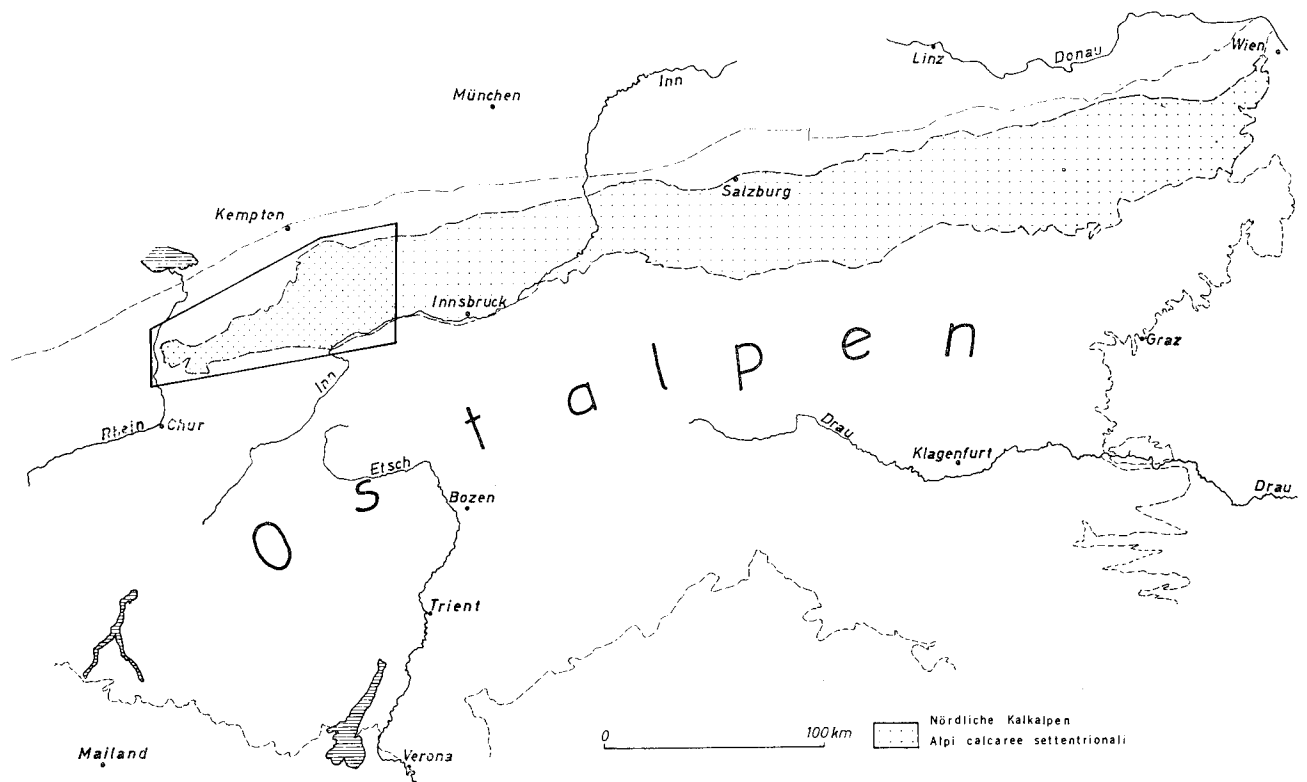


FIG. 1 — Lage des Untersuchungsgebietes.

— Ubicazione della zona studiata.

den; sie werden aus diesem Grunde auch *Fleckenmergel* genannt. Ausserdem kommen in wechselndem Mengen-Verhältnis kieselige Gesteine, Echinodermen-Spatkalke, Bitumen- und Mangan-Schiefer vor, seltener Kalk-Konglomerate (Calcirudite) oder Quarzsand-Kalke. Die Mächtigkeiten der Allgäu-Schichten sind fast immer wesentlich höher als die der gleichaltrigen Rotkalke. Makrofossilien sind selten, Mikrofossilien wurden meist von der tektonischen Durchbewegung unkenntlich gemacht.

In der Schichtfolge der Allgäu-Schichten wechseln kalkreichere und kalkärmere Partien mehrfach miteinander. Nach dem Mengenverhältnis zwischen Kalkbänken und Mergel-Lagen können überall drei Abteilungen ausgeschieden werden:

Jüngere Allgäu-Schichten (Oberer Oberlias - Oberdogger), vorherrschend kalkig;

Mittlere Allgäu-Schichten (Unterer Oberlias), überwiegend mergelig;

Ältere Allgäu-Schichten (Unter- und Mittellias), vorwiegend kalkig.

Innerhalb dieser drei Abteilungen sind meist noch einige Schichtgruppen auszugliedern. In Fig. 2 ist die Schichtenfolge der Allgäu-Schichten massstäblich dargestellt.

Ältere Allgäu-Schichten

Die Älteren Allgäu-Schichten bestehen ganz überwiegend aus mittelbankigen, feinelitischen Fleckenkalke (Fig. 3) mit dünnen Zwischenlagen aus Mergelschiefern. Die Flecken (Fig. 4) rühren von Fukoiden in verschiedenen Schnittlagen her und sind durch Anreicherungen von fein verteiltem Pyrit und Bitumen dunkel gefärbt. Die Fukoiden selbst sind als von Faulschlamm erfüllt Fress- oder Wohnbauten, vermutlich von marinen Anneliden, zu deuten (R. RICHTER 1928). Pyrit kommt auch in Konkretionen vor.

Zwischen die Fleckenkalke sind häufig Kieselkalke oder braune Hornsteine in Konkretionen, Linsen oder Lagen eingeschaltet. In den zentralen Lechtaler Alpen besteht der tiefere Teil der Älteren Allgäu-Schichten sogar gänzlich aus hornsteinreichen Fleckenkalke, die den im mediterranen Mittellias verbreiteten Hornstein-Plattenkalke faziell sehr ähnlich sind.

An den nördlichen und südlichen Rändern der Kalkalpen kommen in den Älteren Allgäu-Schichten örtlich polymikte Konglomerate vor, die Gerölle von Obertrias-Gesteinen in Kalk-Matrix enthalten. Quarzsandführende Gesteine sind auf den nörd-

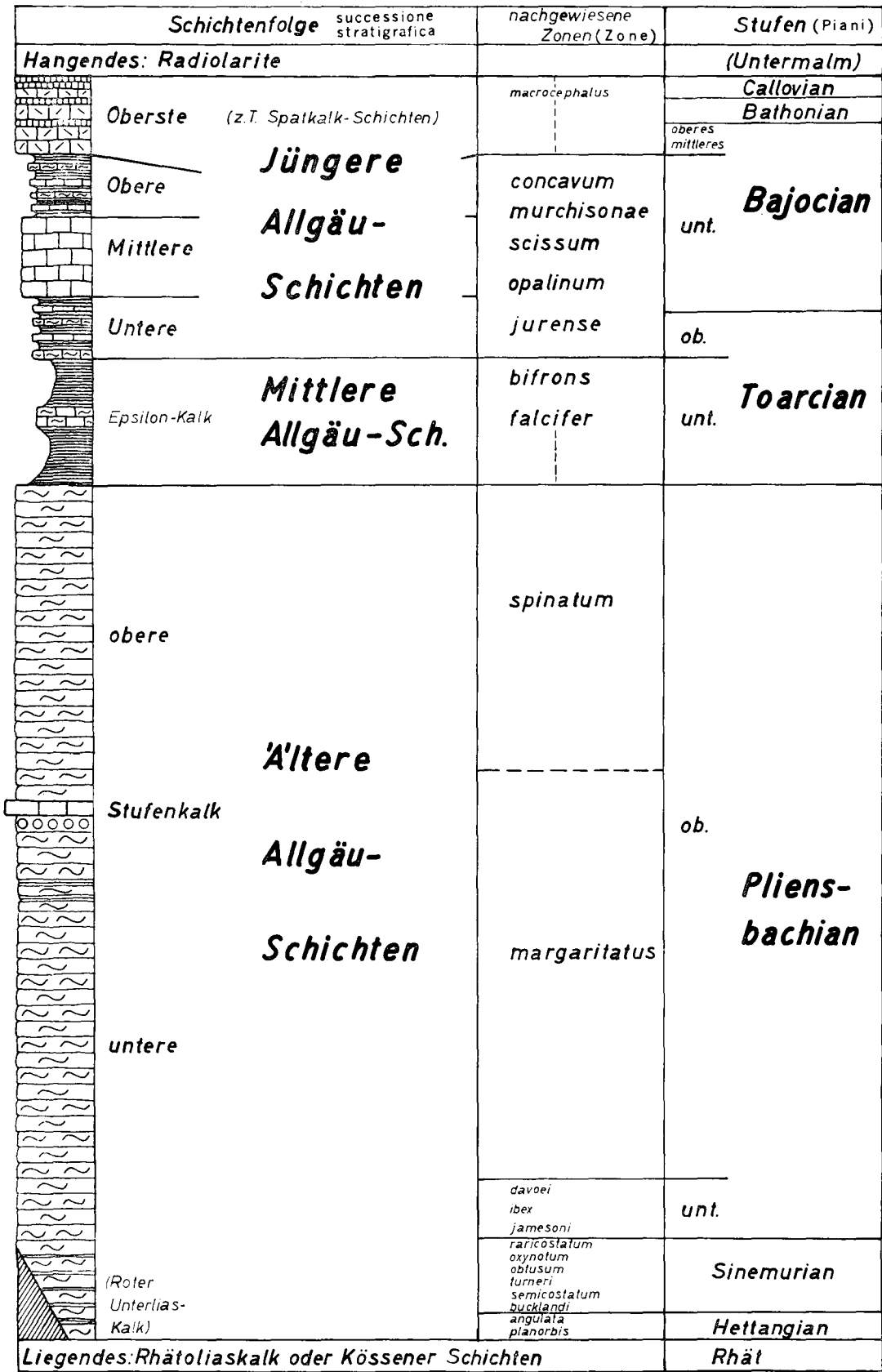


FIG. 2 — Schichtenfolge der Allgäu-Schichten zwischen Wetterstein-Gebirge und Rhein.
1 = Fleckenkalke; 2 = Kalke und Kieselkalke;
3 = Spatkalke; 4 = Hornsteine; 5 = Konglomerate; 6 = Mergel.

— Successione degli Strati di Allgäu fra il gruppo montuoso del Wetterstein ed il Reno.
1 = Calcarei macchiati; 2 = Calcarei e calcari selciferi; 3 = Calcarei saccaroidi; 4 = Corniole;
5 = Conglomerati; 6 = Marne.

lichen Rand der Kalkalpen beschränkt und vor allem zwischen dem Grossen Walsertal und der Bregenzer Ach zu treffen (Fig. 6). Diese klastischen Schüttungen stammen von Schwellen ausserhalb der heutigen Kalkalpen.

Bänke von Echinodermen-Spatkalken sind in den Älteren Allgäu-Schichten selten, ohne auf bestimmte Gebiete beschränkt zu sein.



FIG. 3 — Bankfolge aus Älteren Allgäu-Schichten, Höfer-Spitze bei Schröcken (Vorarlberg).

— Successione di strati negli Strati Inferiori di Allgäu.

In den südlichen Allgäuer Alpen werden die Älteren Allgäu-Schichten von einem 5 - 20 m mächtigen Band aus schlecht gebanktem Kalk unterteilt, das meistens in kleinen Steilwänden oder Felsstürmen herausgewittert ist und deshalb "Stufen-Kalk" genannt wurde. Es handelt sich um hell- bis mittelgraue, feinpelitische Kalke, reich an Radiolarien. Im Liegenden wird der Stufenkalk von einer resedimentären Konglomerat-Lage begleitet.

Fossilien sind in den Älteren Allgäu-Schichten nicht ganz so selten wie in den beiden höheren



FIG. 4 — Fukoiden-Kalk der Älteren Allgäu-Schichten, Bürstegg bei Lech (Vorarlberg). x 2/3

— Calcare a Fucoidi negli Strati Inferiori di Allgäu. x 2/3

Abteilungen. Besonders im Unterlias kommen ausser Cephalopoden auch Muscheln, Brachiopoden und andere benthonische Organismen vor. In ihrer Zusammensetzung steht die unterliassische Fauna der Älteren Allgäu-Schichten derjenigen des epikontinentalen Jura von Süddeutschland näher als dem mediterranen (SCHRÖDER 1925). So fanden sich zum Beispiel östlich Füssen

| | |
|--|------------|
| <i>Schlotheimia marmorea</i> (OPPEL) | Hettangian |
| <i>Arietites bucklandi</i> (SOWERBY) | |
| <i>Promicroceras</i> cf. <i>planicosta</i> (SOWERBY) | |
| <i>Oxynoticeras</i> (<i>Gleviceras</i>) <i>rigidum</i> (PIA) | Sinemurian |
| <i>Echioceras raricostatum</i> (ZIETEN) | |
| " <i>Terebratula</i> " <i>nimbata</i> OPPEL | |
| " <i>Rhynchonella</i> " <i>plicatissima</i> QUENSTEDT | |
| <i>Pentacrinus tuberculatus</i> MILLER | |
| <i>Cidaris</i> cf. <i>arietis</i> QUENSTEDT | |

Relativ häufig sind Faunen der *raricostatum*-Zone des Sinemurian, etwa

| |
|---|
| <i>Echioceras raricostatum</i> (ZIETEN) |
| <i>Echioceras</i> cf. <i>intermedium</i> (TRUEMAN & WILLIAMS) |
| <i>Leptechioceras meigeni</i> (HUG) |
| <i>Leptechioceras nodotianum</i> (D'ORBIGNY) |
| <i>Paltechioceras favrei</i> (HUG) |

bei Gramais in den Lechtaler Alpen.

Im Mittellias gewinnen allmählich mediterrane Ammoniten die Oberhand. Aus dem unteren Mittellias stammen z. B. folgende Faunen:

a) Bernhardstal bei Elbigenalp (Lech):

| |
|--|
| <i>Uptonia jamesoni</i> (SOWERBY) |
| <i>Tropidoceras</i> cf. <i>masseanum</i> (D'ORBIGNY) |
| <i>Acanthopleuroceras binotatum</i> (OPPEL) |
| <i>Acanthopleuroceras</i> cf. <i>stahli</i> (OPPEL) |
| <i>Liparoceras striatum</i> (REINECKE) |
| <i>Becheiceras bechei</i> (SOWERBY) |
| <i>Coeloceras pettos</i> (QUENSTEDT) |
| <i>Partschiceras tenuistriatum</i> (MENEHINI) |

b) Vilser Alpen bei Tannheim:

| |
|--|
| <i>Liparoceras striatum</i> (REINECKE) |
| <i>Microderoceras</i> cf. <i>heberti</i> (OPPEL) |
| <i>Coeloderoceras ponticum</i> (PIA) |
| <i>Tropidoceras</i> aff. <i>calliplocum</i> (GEMMELLARO) |
| <i>Lytoceras fimbriatum</i> (SOWERBY) |
| <i>Juraphyllites</i> cf. <i>nardii</i> (MENEHINI) |
| <i>Phyllites</i> aff. <i>geyeri</i> BONARELLI |
| <i>Rhopalobelus ventroplanus</i> (VOLTZ) |
| <i>Inoceramus</i> cf. <i>ventricosus</i> (SOWERBY) |
| <i>Inoceramus</i> cf. <i>nobilis</i> MUENSTER |
| <i>Inoceramus substriatus</i> GOLDFUSS |

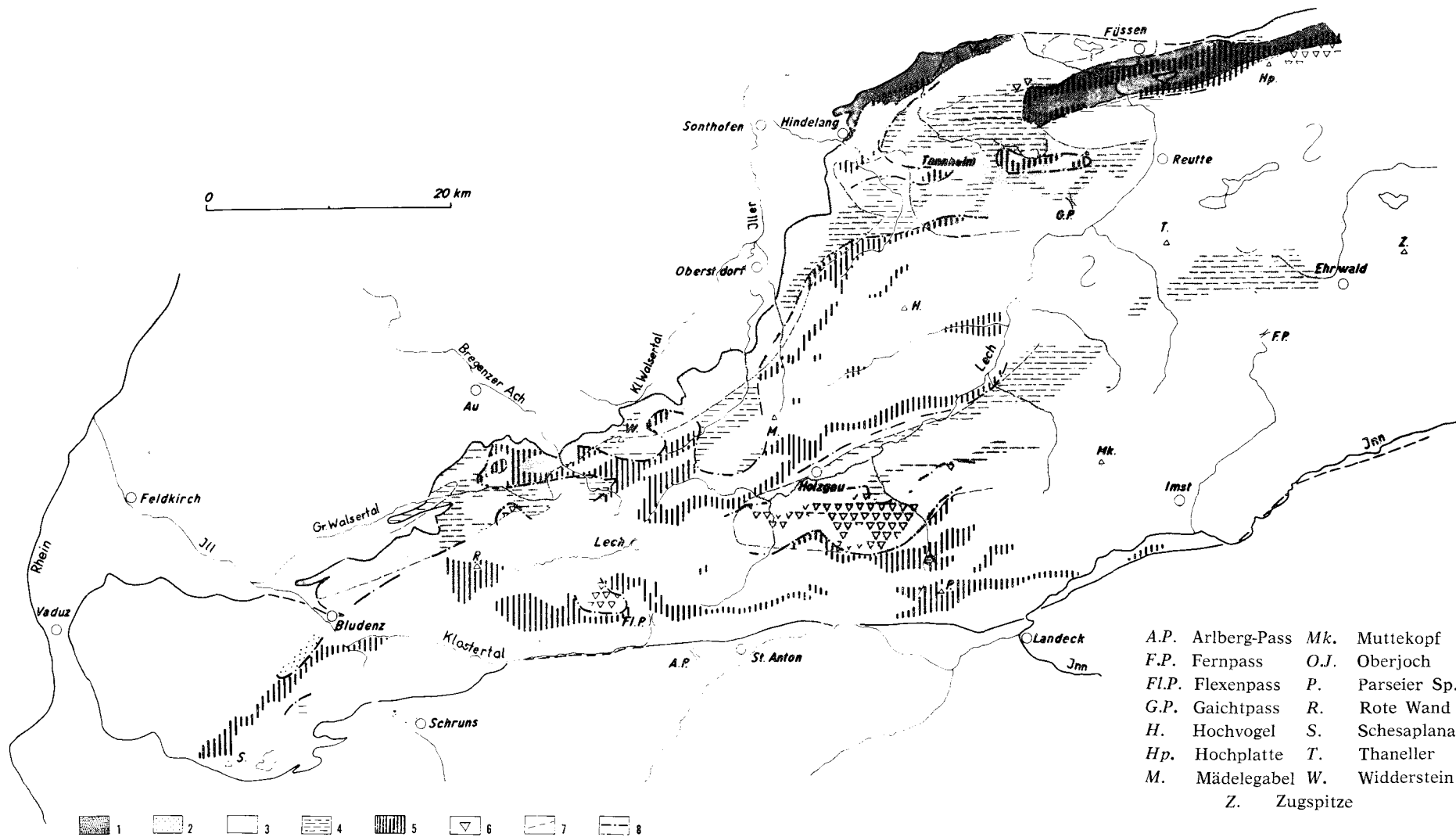


FIG. 5 — Fazies-Verteilung im obersten Rhät und im tiefsten Lias.
 1 = Hauptdolomit (Rhät fehlt); 2 = Kössener Schichten; 3 = Rhätoliaskalk; 4 = Fleckenmergel; 5 = roter Unterliaskalk; 6 = Kieselkalke; 7 = Faziesgrenzen im Rhät; 8 = Faziesgrenzen im Unterlias.

— Distribuzione delle facies nel Retico superiore e nel Lias basale.
 1 = Dolomia principale (manca il Retico); 2 = Scisti di Kössen; 3 = Calcare retico-liassico; 4 = Marne macchiate; 5 = Calcare rosso del Lias inferiore; 6 = Calcarei selciferi; 7 = Limiti delle facies nel Retico; 8 = Limiti delle facies nel Lias inferiore.

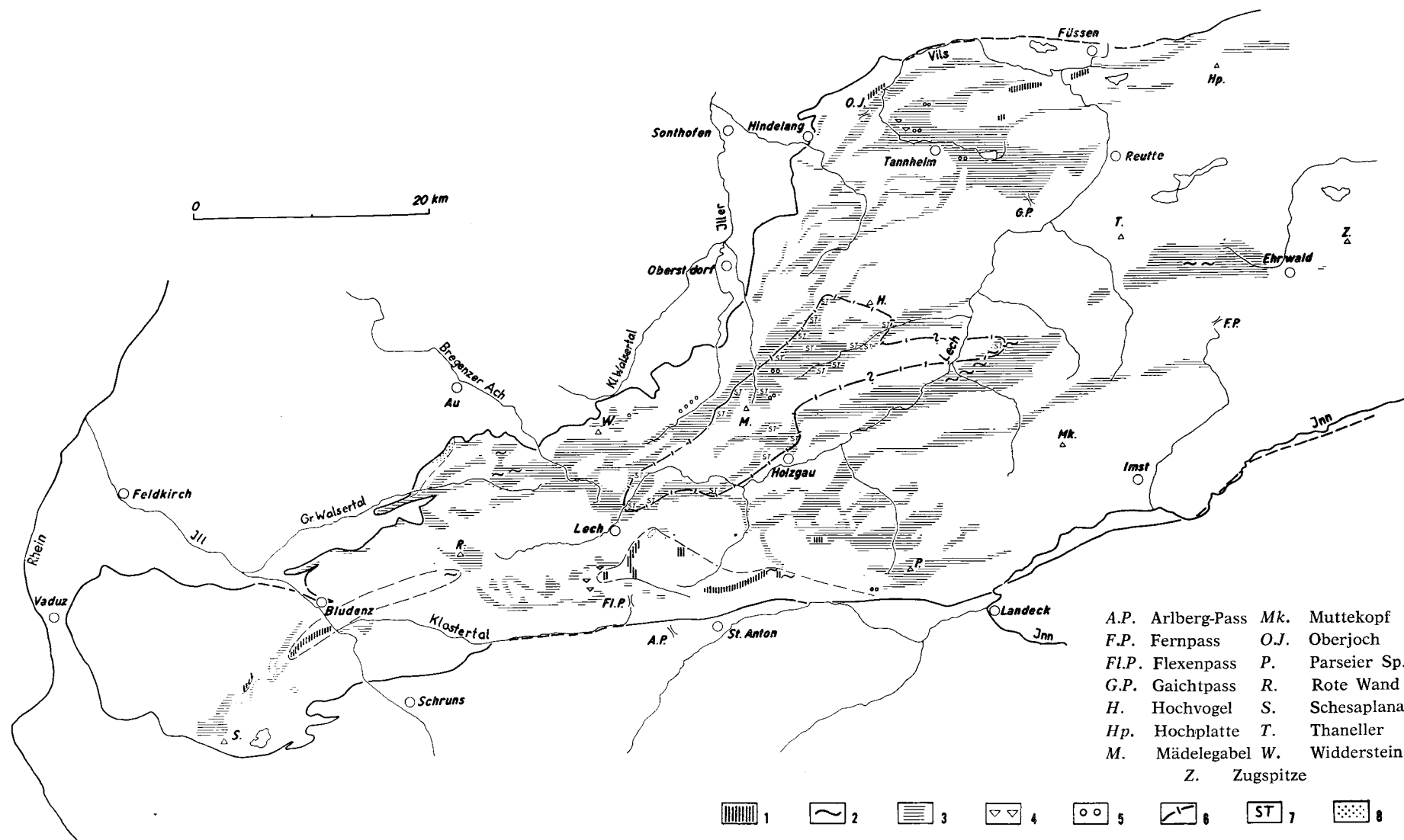
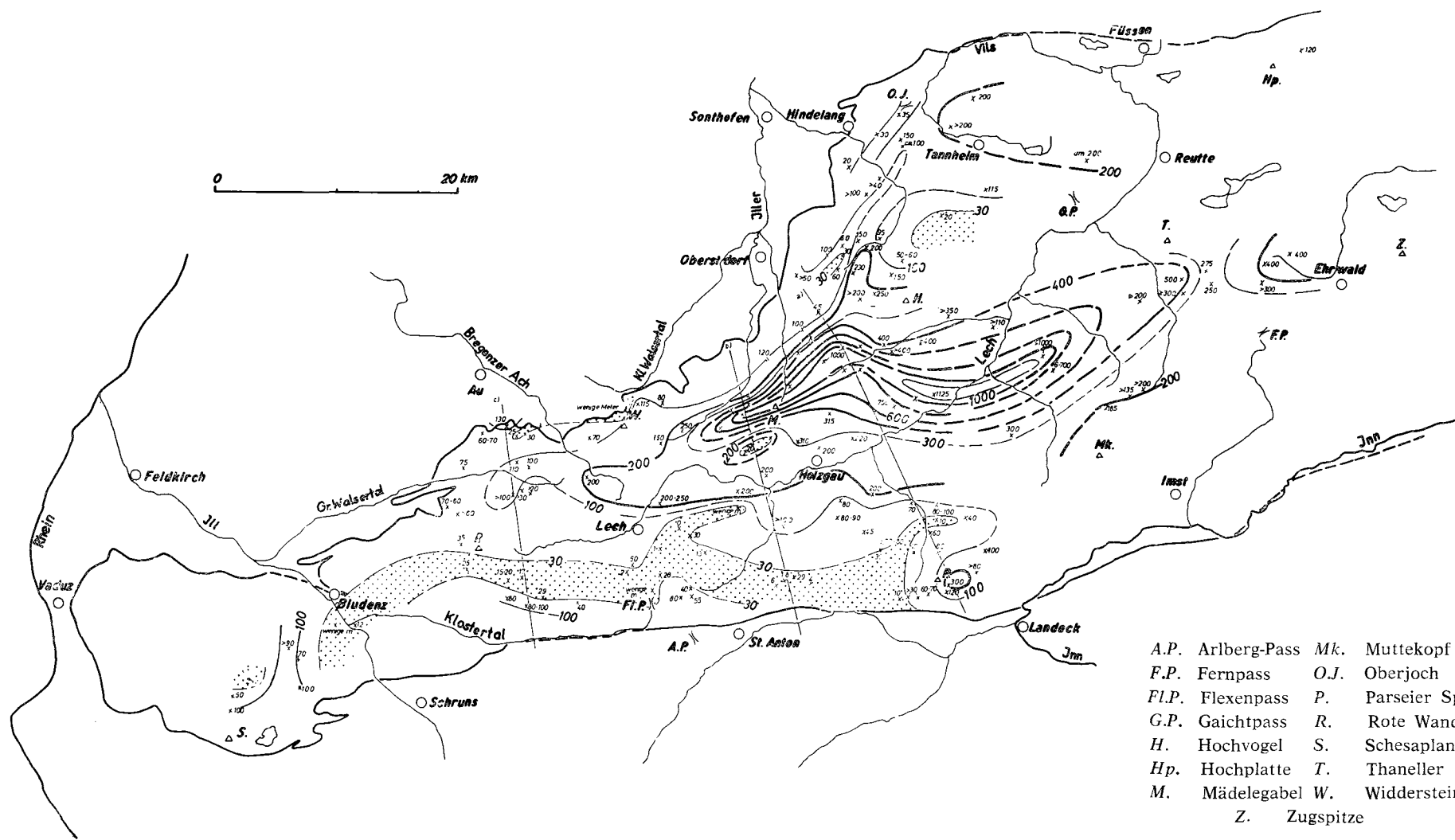


FIG. 6 — Fazies-Verteilung im oberen Pliensbachian.
 1 = rote Kalke; 2 = rote Einschaltungen in graue Kalke; 3 = graue Kalke und Mergel; 4 = Kiesel - u. Hornsteinkalke; 5 = polymikte Konglomerate; 6 = Umgrenzung der Stufenkalk-Vorkommen; 7 = Stufenkalk; 8 = Quarzsand.

— Distribuzione delle facies nel Pliensbachiano superiore.
 1 = Calcarei rossi; 2 = Intercalazioni rosse nei Calcari grigi; 3 = Calcari grigi e marne; 4 = Calcari selciferi e Corniole; 5 = Conglomerati polimictici; 6 = Limite dello « Stufenkalk »; 7 = « Stufenkalk »; 8 = Sabbia quarzosa.



F): 7 — Mächtigkeiten der Älteren Allgäu-Schichten und ihrer zeitlichen Äquivalente.

— Carta delle isopache degli Strati Inferiori di Allgäu e formazioni isocrone (Lias inferiore e medio).

Im oberen Mittellias, zur Zeit der raschesten Absenkung des Sedimentationsraumes, dominieren mediterrane Ammoniten. Das zeigt am besten eine Fauna aus der Allgäuer Hauptmulde südöstlich Oberstdorf:

Amaltheus margaritatus (MONTFORT)
Pleuroceras spinatum (BRUGUIÈRE)
Arieticeras algovianum (OPPEL)
Arieticeras bertrandi (KILIAN)
Arieticeras reynesi FUCINI
Arieticeras geyeri DEL CAMPANA
Arieticeras cf. *delcampanai* FUCINI
Arieticeras aff. *fucinii* DEL CAMPANA
Arieticeras aff. *lottii* GEMMELLARO
Fuciniceras meneghinianum HAAS
Canavaria haugi GEMMELLARO
Canavaria gregalis FUCINI
Canavaria peloritana FUCINI

Insgesamt wurden in den Älteren Allgäu-Schichten alle Zonen des Unter- und Mittellias nachgewiesen. Der Stufenkalk liegt im höheren Teil der Zone des *Amaltheus margaritatus* (MONTFORT).

Die Mächtigkeiten der Älteren Allgäu-Schichten schwanken sehr (Fig. 7). Sie liegen in ungestörten Profilen zwischen 10 m und 1100 m.

Mittlere Allgäu-Schichten

In den Mittleren Allgäu-Schichten herrschen dunkelgraue Mergel mit oder ohne Fukoiden weit vor. In diese Mergel sind dünnbankige Fukoiden-Kalke einzeln oder in geringmächtigen Paketen eingeschaltet, die sich im mittleren Teil der Folge gebietsweise zu einem kompakten Kalkband ("Ep-

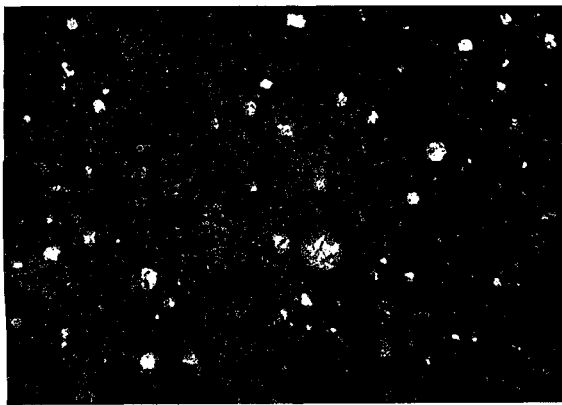


FIG. 8 — Radiolarien in Mergelschiefern der Mittleren Allgäu-Schichten, Hinterrieden bei Gramais (Lechtaler Alpen). x 38

— Radiolari negli scisti marnosi degli Strati Medi di Allgäu. x 38

silon-Kalk") zusammenschliessen. In verschiedenen Niveaus kommen bis mehrere hundert Meter grosse Linsen von dunkelbraunen bis schwarzen Mangan-Schiefern und -Kalken vor, deren Mn-Gehalte meist 2 - 3% nicht übersteigen, stellenweise aber auf über 20% anwachsen.

Auch bituminöse Einschaltungen sind verbreitet, die den Posidonien-Schiefern des epikontinentalen

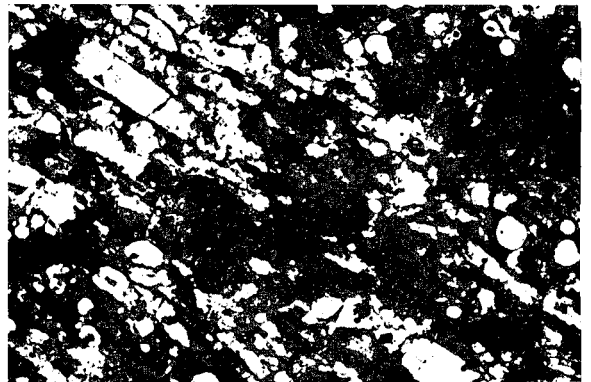


FIG. 9 — Dünnschliff eines spiculitischen Kalkes der Mittleren Allgäu-Schichten, Krautersalpe bei Oberstdorf. x 37

— Sezione sottile di un calcare spiculitico degli Strati Medi di Allgäu. x 37

Oberlias in Mitteleuropa sehr ähneln und gelegentlich auch deren Leitfossil *Posidonia bronni* VOLTZ enthalten. Mikrofaziell unterscheiden sich die alpinen Bitumen-Schiefer aber sehr von den süddeutschen Posidonien-Schiefern; denn sie sind reich an Radiolarien (Fig. 8) und Nadeln von Kieselschwämmen (Fig. 9), Makrofossilien und gar Wirbeltier-Reste werden dagegen überaus selten angetroffen.

Auf Grund von Ammoniten-Funden gehören die Mittleren Allgäu-Schichten ins untere Toarcium, von dem die Zonen des *Harpoceras falcifer* (SOWERBY) und des *Hildoceras bifrons* (BRUGUIÈRE) an vielen Stellen nachgewiesen wurden.

Die Mächtigkeiten der Mittleren Allgäu-Schichten bleiben erheblich hinter denen der Älteren Allgäu-Schichten zurück. Sie liegen gewöhnlich bei 5 - 50 m, übersteigen aber in den südlichen Allgäuer Alpen stellenweise 200 m.

Jüngere Allgäu-Schichten

Im Gegensatz zu den mergelreichen Mittleren Allgäu-Schichten sind die Jüngeren Allgäu-Schichten wieder vorherrschend kalkig ausgebildet. Neben Fukoiden-Kalken kommen darin Kieselkalke, Hornsteine und Echinodermen-Spatkalke, lokal auch

resedimentäre Konglomerate (Fig. 10) vor. Klastische Einschaltungen sind mit einer Ausnahme auf die nördlichen und südlichen Ränder der Kalkalpen beschränkt.

Meist können die Jüngeren Allgäu-Schichten vertikal in vier Schicht-Gruppen aufgliedert werden. In der ersten (ältesten) und in der dritten wechsellagern Kalkbänke und Mergelschiefer in



FIG. 10 — Resedimentäre Konglomerate der Jüngeren Allgäu-Schichten, Himmeleck bei Oberstdorf.

— Conglomerati resedimentari degli Strati Superiori di Allgäu.

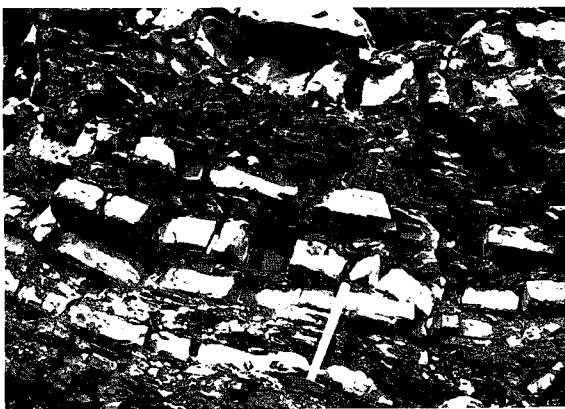


FIG. 11 — Bankfolge der dritten Gruppe der Jüngeren Allgäu-Schichten, Bernhardstal bei Elbigenalp (Lechtal).

— Sequenza di strati del terzo gruppo degli Strati Superiori di Allgäu.

mehr oder weniger gleichem Mengenverhältnis (Fig. 11), während in der zweiten und vierten (obersten) Gruppe Kalke und Kieselgesteine vorherrschen.

Bei Hindelang ist die dritte Gruppe der Jüngeren Allgäu-Schichten in einer auffallenden Fazies schwarzer, kieseliger Schiefer und Kalke ausgebildet (D. RICHTER 1954, 1963), die man auch von anderen Orten am Nordrand der Nördlichen Kalkalpen kennt und „Kohlstatt-Fazies“ genannt hat.

Die oberste Gruppe kann recht verschieden ausgebildet sein: In grossen Teilen der Allgäuer Alpen und deren Umgebung sind die sogenannten „Spatkalk-Schichten“ verbreitet, 5 - 80 m Echinodermen-Spatkalke und Kieselkalke. Anderswo finden sich stattdessen mehr oder weniger kieselige Fleckenkalke, in denen nahe der Hangend-Grenze rote und grüne Mergellagen oder Kalkbänke und Limonit-Krusten auffallen und auf verlangsamte, zeitweise unterbrochene Sedimentation hindeuten. Am SW-Fuss des Wetterstein-Gebirges bei Ehrwald werden die obersten Jüngeren Allgäu-Schichten von nur 3 m roter Mergel mit Eisenschwarten vertreten (vgl. auch MILLER 1963).

Bisher wurden in den Jüngeren Allgäu-Schichten nur sehr wenige Makrofossilien gefunden, von denen überdies nur einigen Ammoniten stratigraphischer Leitwert zukommt. Danach beginnen die unteren Jüngeren Allgäu-Schichten in der Zone des *Hildoceras bifrons* des Unter-Toarcium und umfassen darüber hinaus mindestens das obere Toarcium, wie Funde von *Pleydellia aalensis* (ZIETEN) an mehreren Stellen gezeigt haben. Die beiden mittleren Gruppen repräsentieren den untersten Dogger (*opalinum*- bis *concava*-Zone). Die obersten Jüngeren Allgäu-Schichten müssen nach einem Fund von *Macrocephalites (Dolikephalites) typicus* BLAKE bei Tannheim und im Vergleich mit der Schichtenfolge anderer Gebiete der Nördlichen Kalkalpen (JACOBSHAGEN 1965) den gesamten höheren Dogger bis ins Callovium umfassen.

Zum Hangende gehen die Jüngeren Allgäu-Schichten kontinuierlich in die bekannte Radiolarit-Serie des unteren Malm über, die in den Ostalpen weit verbreitet ist.

ROTE KALKE UND MERGEL

Im tiefen Lias sind neben den Allgäu-Schichten rote Kalke verschiedener Typen verbreitet (Fig. 5). Am häufigsten sind blassrote, etwas mergelige, pelitische Knollen- oder Suturen-Kalke mit Belemniten

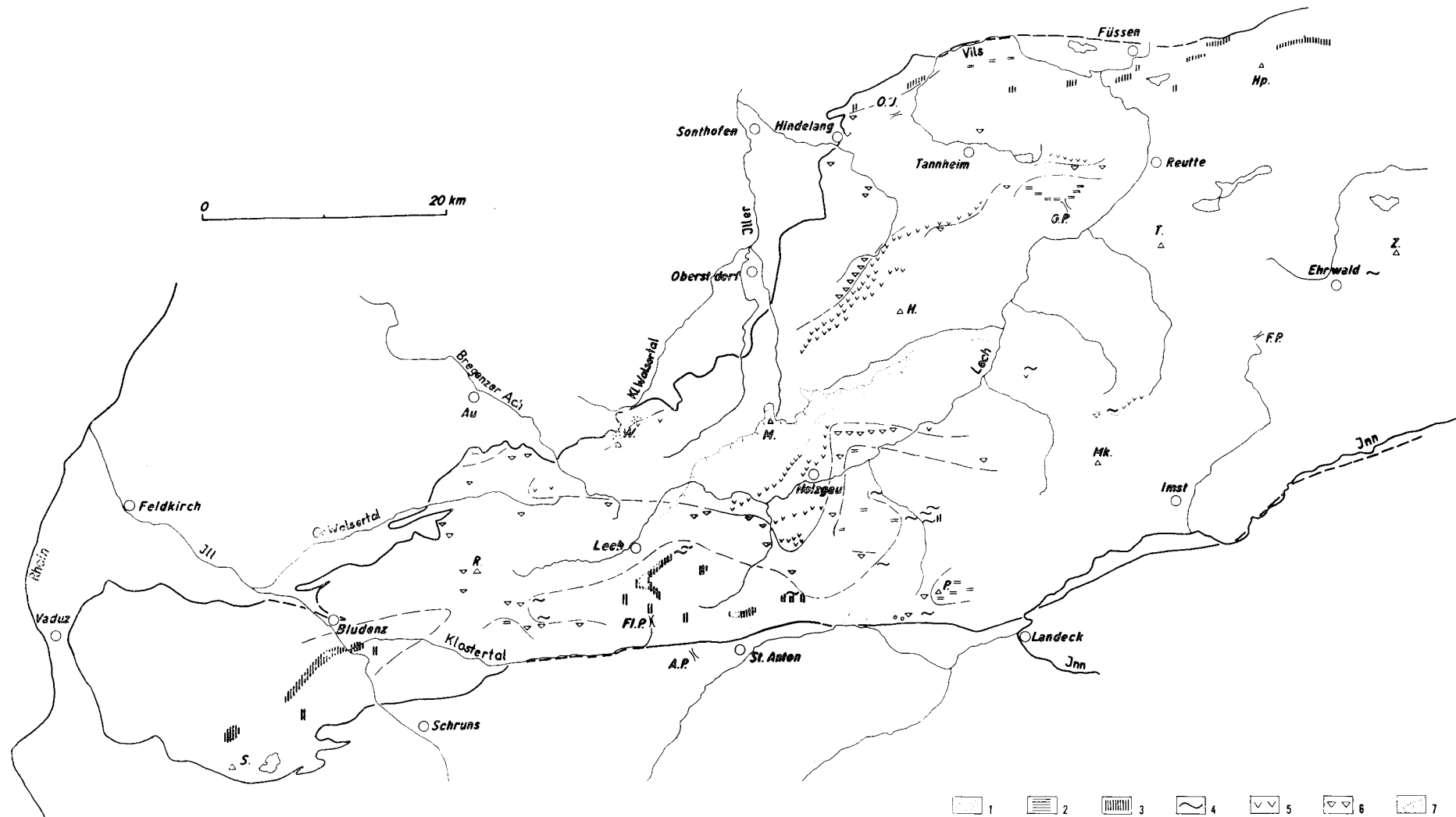


FIG. 12 Fazies Verteilung der obersten Allgäu-Schichten und ihrer zeitlichen Äquivalente (ober Dogger).

1 = Sandsteine; 2 = graue Kalke; 3 = rote Kalke; 4 = bunte Mergel;
5 = Spatkalk-Schichten; 6 = Kieselkalke; 7 = Ueberschiebungen des
Allgäuer Hauptkamms und der Ramstall-Schuppe.

— Distribuzione delle facies nel Dogger superiore (Strati superiori di Allgäu e formazioni isocrone).

1 = Arenarie; 2 = Calcari grigi; 3 = Calcari rossi; 4 = Marne vari-colori; 5 = Strati di calcare saccaroide; 6 = Calcari selciferi; 7 = Sovrascorrimenti del crinale principale di Allgäu e della scaglia di Ramstall.

und Ammoniten, deren Schalen oft auf einer Seite aufgelöst sind. In Dünnschliffen findet man gewöhnlich Foraminiferen (Fig. 13) oder auch kleine Schnecken, Echinodermen-Bruchstücke und Brachiopoden-Schalen. Man kann dann von *Adnether Fazies* sprechen. Doch wechseln diese Schichten seitlich immer wieder und auf kurze Entfernung mit fleischroten Crinoiden-Kalken (*Hierlatz-Fazies*), so dass man in der Stratigraphie zweckmassig beide Fazies-Namen vermeidet und stattdessen von *Rotem Unterlias-Kalk* ("Liasbasiskalk") spricht.

Dieser Rote Unterlias-Kalk wurde im allgemeinen über rhätischen Gesteinen abgelagert. Nur nahe am Kalkalpen-Nordrand (zwischen Hindelang und Füssen) wurde die oberste Trias stellenweise abgetragen, vielleicht auch gar nicht sedimentiert. Der Rote Unterlias-Kalk transgrediert dort über den Hauptdolomit der norischen Stufe und ist vorherrschend in Hierlatz-Fazies ausgebildet (Fig. 5).

Während des höchsten Unterlias und zu Beginn des Mittellias verkleinerte sich das Ablagerungsge-

biet der roten Kalke rapide; sie blieben fortan auf schmale Zonen nahe dem nördlichen und dem südlichen Kalkalpen-Rand beschränkt.

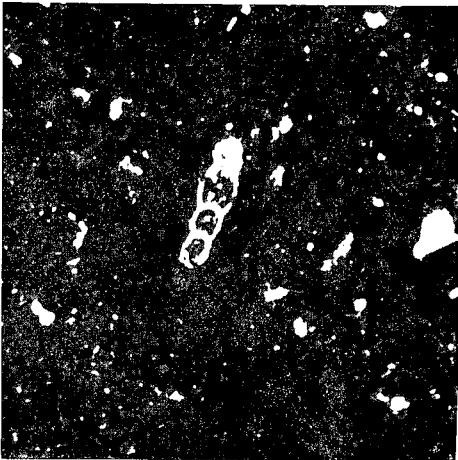
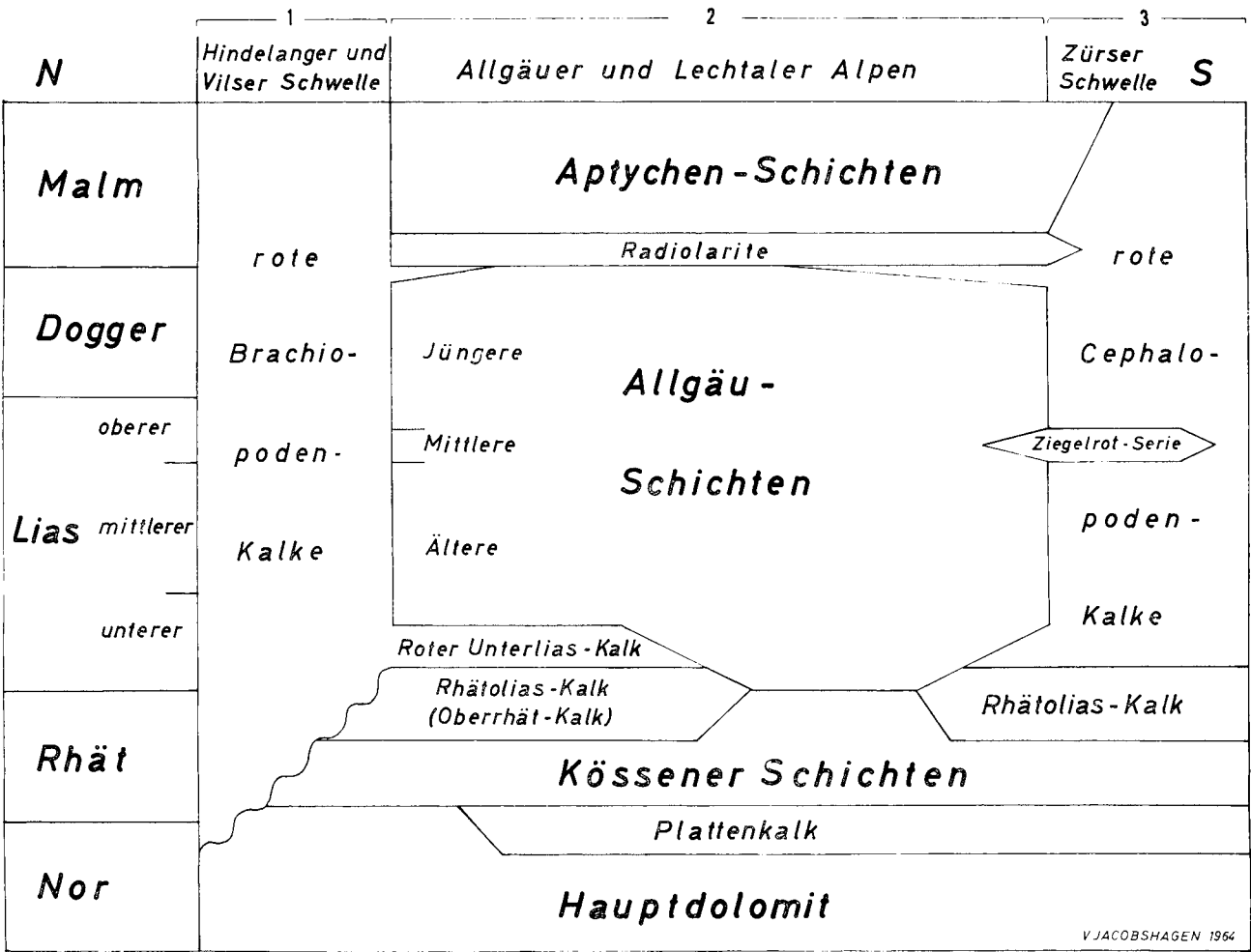


FIG. 13 — Dünnschliff eines tiefliassichen Rotkalkes mit Foraminiferen- Querschnitt, Elmer Krenz-Spitze (Lechtaler Alpen). x 55

— Sezione sottile di calcare rosso del Lias basale. E' visibile un foraminifero in sezione trasversale.



V JACOBSHAGEN 1964

TABELLA 1 — Stratigraphie des Lias und des Doggers in Westabschnitt der Nördlichen Kalkalpen.
— Stratigrafia del Lias e del Dogger nel settore occidentale delle Alpi Calcaree Settentrionali.
1 = Soglia di Hindelang e Vils; 2 = Alpi di Allgäu e della Valle del Lech; 3 = Soglia di Zürs.

Am Nordrand wurden bei Hindelang und Füssen während des gesamten Jura vorwiegend rote Brachiopoden-Kalke abgelagert (ROTHPLETZ 1886/87, CUSTODIS & SCHMIDT-THOMÉ 1939). Nach den geringen Mächtigkeiten zu schliessen, war die Sedimentation sehr verlangsamt, zeitweilig wohl auch unterbrochen. So konnte z. B. REUM 1962 im Vils-Tal (NE Hindelang) an einer Stelle schon 1 m über der Transgressionsfläche des Jura massenhaft *Calpionella alpina* LORENZ und damit Tithon nachweisen.

Am Kalkalpen-Südrand wurden zur gleichen Zeit rote Cephalopoden-Kalke von ebenfalls sehr geringen Mächtigkeiten abgelagert (Fig. 5).

Crinoiden-Kalke spielen dort kaum eine Rolle. Aus dem unteren Oberlias stammt in dieser Gegend eine mergelige Folge, die HUCKRIEDE 1959 nach ihrer Farbe treffend als *Ziegelrot-Serie* bezeichnet hat. Eine charakteristische Fauna vom Flexen-Pass (KOCH & STENGEL-RUTKOWSKI 1959) mit *Phylloceras nilssoni* (HEBERT), *Hildoceras bifrons* (BRUGUIÈRE), *Lytoceras* sp. ex gr. *L. cornucopiae* (D'ORBIGNY), zeigt, dass sich diese Ausbildung nicht nur faziell, sondern auch zeitlich gut mit dem Ammonitico rosso inferiore der Südalpen und des Apennin vergleichen lässt.

Im höheren Dogger breiteten sich rote Kalke von den genannten Schwellen am nördlichen und südlichen Rand der Kalkalpen wieder über grössere Areale aus. Diese roten Gesteine enthalten häufig Schill von feinen Kalkschalen, vermutlich von Brachiopoden. Sie werden ebenso wie die obersten Allgäu-Schichten von den Radiolariten des untersten Malm überlagert.

Tab. 1 gibt eine zusammenfassende Übersicht über die Jura-Stratigraphie im besprochenen Gebiet.

PALÄOGEOGRAPHIE

Fazies- und Mächtigkeits-Verteilung lassen erkennen, dass das Sedimentationsbecken der Nördlichen Kalkalpen während Lias und Dogger durch eine Anzahl von Schwellen und Becken gegliedert war. Im Laufe dieser Zeit haben sich die paläogeographischen Verhältnisse prinzipiell kaum verändert, so dass sie hier anhand weniger Karten beschrieben werden können.

Wegen der starken tektonischen Deformation dieses Gebietes war es nicht möglich, den prätektonischen Zustand des Sedimentations-Gebietes überall quantitativ zu rekonstruieren. Deshalb wurde darauf verzichtet, die paläogeographischen Karten

zu entzerren. Bei ihrer Auswertung bleibt somit zu bedenken, dass 1. alle Strukturen quer zum Streichen verkürzt und 2. ursprünglich schräg zum heutigen Faltenbau gelegene Strukturen um einen unbekannten - Winkelbetrag rotiert und damit dem Achsen-Streichen des Gebirges angenähert worden sind.

Am besten lässt sich die Paläogeographie des unteren und mittleren Jura interpretieren, wenn man von der Fazies-Verteilung des Rhät ausgeht. Fig. 5 zeigt, dass jede Fazies des Unterlias auf jeder der beiden Rhät-Entwicklungen liegen kann.

Insgesamt ist jedoch nicht zu verkennen, dass die rhätischen bis tiefst-liassischen Riffkalke im allgemeinen von Rotkalken überlagert werden, während der Lias über dem Verbreitungsgebiet der Kössener Mergel (Zwischenriff-Fazies) gewöhnlich mit Allgäu-Schichten beginnt.

Man darf wohl annehmen, dass die rhätischen Riffe auf Schwellen gewachsen sind. Ganz sicher aber haben sie den Zwischenriff-Bereich überragt. Daraus geht ebenso wie aus dem Fazies-Bild der Lias-Sedimente hervor, dass die Rotkalke als Schwellen-Sedimente, die Allgäu-Schichten als Becken-Ablagerungen gedeutet werden müssen.

Im gleichen Sinne hat AUBOUIN 1959 den Fazies-Gegensatz Ammonitico rosso inferiore - Posidonien-Schiefer im unteren Toarcium der Ionischen Zone West-Griechenlands gedeutet, während RENZ bis 1955 die gegenteilige Auffassung vertreten hatte.

Seitlich schieben sich zwischen Rotkalke und normale Fleckenkalk-Fazies der Allgäu-Schichten an vielen Stellen hornsteinreiche Schichten ein. Bereits KOCKEL, RICHTER & STEINMANN 1931 haben diese laterale Abfolge:

Rotkalke — Hornstein-Kalke — Fleckenkalke erkannt und als Übergang von Schwellen- zur Becken-Sedimentation gedeutet.

Bereits mit dem tiefen Mittellias ändern sich die paläogeographischen Verhältnisse grundlegend. Die Beckensedimente greifen weit auf die Riff-Bereiche des Rhät über, es bleiben weiterhin durch den höheren Lias und Dogger nur noch schmale Reste der alten Schwellen mit Rotkalken bestehen (Fig. 6), am Kalkalpen-Nordrand die Hindelanger und - südöstlich Füssen - die Vilser Schwelle, am Südrand vom Rätikon bis Landeck die Zürser Schwelle. Auf der Mächtigkeitskarte für Unter- und Mittellias (Fig. 7) tritt nur die Zürser Schwelle mit extrem niedrigen Mächtigkeiten hervor; am Kalkalpen-Nordrand sind zwischen Hindelang und Füssen bisher zu wenig Mächtigkeitswerte bekannt,

als dass man eine zuverlässige Isopachen-Karte entwerfen könnte.

Besonders mächtige Sedimente des Lias und Dogger wurden im Allgäu-Ausserferner Trog angehäuft, der vom Allgäuer Hauptkamm über das mittlere Lechtal nach Osten verfolgt werden kann. Unter- und Mittellias zusammen werden hier stellenweise in praktisch ungestörten Profilen bis zu 1100 m mächtig, allein die Zone des *Amaltheus margaritatus* kann 600 m umfassen. Auf den genannten Schwellen wurden gleichzeitig nur wenige m Sediment abgesetzt.

Neben dem Allgäu-Ausserferner Trog zeichnen sich noch kleinere Teiltröge bei Tannheim, westlich Ehrwald und nordöstlich Landeck ab. Die Schwellen zwischen diesen Teiltrögen lassen sich nicht an der Fazies, sondern nur aus den Mächtigkeiten erschliessen. Vermutlich handelt es sich in diesen Fällen lediglich um Effekte unterschiedlicher Absenkungsgeschwindigkeit ohne grössere morphologische Niveau-Differenzen.

Im unteren Toarcium wurden nicht nur in den Nördlichen Kalkalpen, sondern in grossen Bereichen Europas tonreichere Sedimente abgesetzt, man schliesst daher bekanntlich auf eine Klima-Änderung (relativ feuchter und kühler).

Im oberen Dogger breiteten sich nicht nur die roten Schwellen-Sedimente, sondern auch andere Ablagerungen relativ flacheren Wassers (z. B. Echinodermen-Spatkalke) weit aus (Fig. 12). Alle diese Schichten werden von den Radiolariten des unteren Malm ohne erkennbare Sedimentations-Unterbrechung überlagert. Dies spricht für die vor allem von GRUNAU (1947, 1959) vertretene Ansicht, dass die untermalmischen Radiolarite nicht als Tiefsee-Ablagerungen gedeutet werden dürfen.

Die Beziehungen zwischen Paläogeographie und heutigem Gebirgsbau wurden an anderer Stelle erörtert (JACOBSHAGEN 1965). Hier sei nur erwähnt, dass die grosse sigmoidale Biegung des Kalkalpen-Nordrandes zwischen Füssen und der Bregenzer Ach („Allgäu-Wendung“ im Sinne von E. KRAUS) paläogeographisch bereits vorgezeichnet war und daher nichts über die Schubweite der Nördlichen Kalkalpen aussagt. Innerhalb der Kalkalpen widersprechen Fazies- und Mächtigkeitsverteilung an vielen Stellen dem vor allem von O. AMPFERER skizzierten Teildecken-Bau, der heute in dieser Form von den meisten Autoren für den Westteil der Nördlichen Kalkalpen nicht mehr anerkannt wird.

RIASSUNTO

Nella parte occidentale delle Alpi calcaree settentrionali, tra il gruppo montuoso del Wetterstein ed il Reno (fig. 1), vennero distinte due diverse formazioni del Giura: una in facies marnosa ed una in facies calcarea. Come tipici rappresentanti della facies marnosa del Lias e Dogger furono assunti gli Strati di Allgäu (Jura-Fleckenmergel). Alla facies calcarea vennero ascritti calcari rossi a Crinoidi con considerevole fauna a Brachiopodi (Hierlatz-Kalk (1)) e calcari a Cefalopodi dello stesso colore e spesso nodulari (Adneth-Kalke (2)). A queste due facies ne è stata aggiunta una terza, selcifera.

La differenza tra facies calcarea e facies marnosa è molto meno marcata di quello che può sembrare a prima vista al geologo di campagna. Gran parte degli Strati di Allgäu ha un contenuto calcareo elevato quanto quello di molte rocce della facies calcarea; può persino accadere che gli strati a Cefalopodi di Adneth siano più marnosi di parti considerevoli delle «Fleckenmergel». Inoltre si ha una ripetuta presenza di calcari a Crinoidi anche negli Strati di Allgäu. Le due formazioni sono molto simili anche dal punto di vista della microfacies. Prescindendo dal colore, la differenza sta

soprattutto nel fatto che gli Strati di Allgäu contengono Fucoidi in abbondanza, mentre gli strati rossi ne sono privi, quasi senza eccezione alcuna. Inoltre avviene che gli Strati di Allgäu sono in genere più potenti degli strati rossi coevi.

Paleogeograficamente bisogna innanzitutto distinguere fra Strati di Allgäu e Calcari rossi, cioè tra «facies grigia» e «facies rossa». Nel territorio che qui si considera, la formazione selcifera sembra unicamente una variante speciale della gamma di facies degli Strati di Allgäu. Essa si distingue dai normali calcari e marne macchiati (Fleckenkalke e Fleckenmergel) soltanto gradualmente dal punto di vista della microfacies: i resti di organismi silicei (spicole di Spugne, Radiolari) vi si trovano un po' arricchiti (Figg. 8-9). Nei profili stratigrafici le rocce calcareo-marnose appaiono strettamente collegate a quelle selcifere, in quanto si alternano stratigraficamente a queste.

Strati di Allgäu

Caratteristici degli Strati di Allgäu sono tipicamente dei calcari o scisti marnosi a Fucoidi grigio-scuri; vengono perciò anche chiamati «calcari macchiati». Inoltre compaiono in quantità variabili rocce selciose, calcari spatici ad Echinodermi, scisti bituminosi e manganesiferi, più raramente conglomerati calcarei (calciruditi) o calcarei

(1) Dal Monte Hierlatz nel Salzkammergut.

(2) Da Adneth, località presso Salisburgo.

arenacei. Gli spessori degli Strati di A. sono quasi sempre notevolmente maggiori dei coevi calcari rossi. Rari i macrofossili e perlopiù irriconoscibili i microfossili a causa dei movimenti tettonici.

Nella successione stratigrafica degli Strati di A. si ha una alternanza molteplice di parti a maggiore con parti a minore contenuto calcareo. A seconda dei rapporti quantitativi tra strati calcarei e strati marnosi, si possono ovunque distinguere tre membri:

- Jüngere Allgäu-Schichten, o Strati Superiori di Allgäu (Lias sup. alto-Dogger sup.) soprattutto calcarei.
- Mittlere Allgäu-Schichten, o Strati Medi di Allgäu (Lias sup. basso), prevalentemente marnosi.
- Ältere Allgäu-Schichten, o Strati Inferiori di Allgäu (Lias inf. e medio), prevalentemente calcarei.

In seno ad ognuno di questi membri si possono perlopiù fare altre suddivisioni. In fig. 2 è rappresentata in scala la successione stratigrafica degli Strati di A.

Ältere Allgäu-Schichten - Gli Ä. A.-S. sono composti esclusivamente da calcari macchiati, pelitici, di spessore medio (Fig. 3), intercalati da sottili scisti marnosi. Le macchie sono dovute a fucoidi (Fig. 4), in giacitura varia, di colore scuro a causa di arricchimenti in pirite e bitume. Si rinviene pirite anche in concrezioni.

Tra i calcari macchiati sono spesso inseriti calcari selciosi oppure selce marrone in concrezioni, lenti o liste. Nelle Alpi centrali della Valle del Lech la parte inferiore degli Ä. A.-S. è addirittura composta esclusivamente da calcari macchiati ricchi di selce, di facies assai simile ai calcari selciosi stratificati, diffusi nel Lias medio mediterraneo.

Sui bordi settentrionale e meridionale delle Alpi calcaree si rinvengono, negli Ä. A.-S., localmente dei conglomerati polimictici, che contengono detriti di rocce del Trias sup. in matrice calcarea. Le rocce arenacee sono limitate al bordo settentrionale delle Alpi calcaree. Questi apporti clastici provengono da zone di erosione esterne alle attuali Alpi calcaree.

Senza essere limitati a determinate zone, sono rari, negli Ä. A.-S., i banchi di calcari spatici ad Echinodermi.

Nelle Alpi meridionali di Allgäu, fra gli Ä. A.-S. vi è intercalata una banda di calcare mal stratificato e spesso 5-20 m, che gli agenti meteorici hanno ridotto a pinnacoli od a piccole pareti scoscese, per cui essa viene chiamata « Stufen-Kalk ». Al suo letto vi è un conglomerato resedimentario. Questo Stufen-Kalk è un calcare grigio, pelitico, ricco in Radiolari.

Paleontologicamente, le associazioni faunistiche del Lias inf. sono più vicine a quelle del Giura epicontinentale della Germania meridionale che a quelle mediterranee. Nel Lias medio, invece, prendono gradualmente piede le Ammoniti mediterranee. Queste sono predominanti nel Lias medio-

alto, a causa del rapido sprofondarsi del bacino di sedimentazione.

Gli spessori degli Ä. A.-S. sono molto variabili (Fig. 7) e, in profili indisturbati, vanno dai 10 ai 1100 m.

Mittlere Allgäu-Schichten - Nei M. A.-S. prevalgono marne grigio-scure con o senza Fucoidi. Fra esse sono inseriti calcari a Fucoidi a strati sottili singoli od a pacchi di piccolo spessore, che — nella parte centrale della serie — si saldano localmente in una banda calcarea compatta (« Epsilon-Kalk »). In diversi livelli si hanno delle lenti di scisti e calcari manganiferi di colore marrone scuro fino a nero, estese per più centinaia di metri, il cui contenuto in Mn non supera generalmente il 2-3%, ma che può andare localmente oltre il 20%. Vi sono intercalati anche scisti bituminosi, simili agli scisti a *Posidonia* dell'Europa centrale, di cui contengono anche la *P. bronni*. La loro facies si differenzia molto però da quella degli scisti a *P.* della Germania meridionale per ciò che concerne la microfauna, essendovi abbondanza di Radiolari (Fig. 8) e spicole di Spugne silicee.

Gli spessori dei M. A.-S. vanno normalmente dai 5 ai 10 m, ma superano localmente i 200 m nelle Allgäuer Alpen meridionali.

Jüngere Allgäu-Schichten - Gli J. A.-S. sono di nuovo prevalentemente calcarei. Accanto a calcari a Fucoidi si hanno calcari selciferi, corniole, calcari spatici ad Echinodermi e, localmente, conglomerati resedimentari (Fig. 10). Le intercalazioni clastiche, tranne un'eccezione, sono limitate ai bordi settentrionale e meridionale delle Alpi calcaree.

Dal basso all'alto possono distinguersi quattro parti. Nella prima e terza si alternano strati calcarei e scisti marnosi in quantità più o meno uguali (Fig. 11), mentre nella seconda e quarta predominano calcari e rocce selciferi. Vicino ad Hindelang la terza parte è formata da scisti e calcari selciferi neri, conosciuti altrove sul bordo sett. delle Alpi calcaree come « Kohlstatt-Fazies ».

Al tetto gli J. A.-S. passano alla serie radiolaritica del Malm inferiore, assai estesa nelle Alpi orientali.

Calcari e marne rossi

Nel Lias inf., accanto agli strati di Allgäu, sono diffusi diversi tipi di calcari rossi (Fig. 5). Trattasi perlopiù di calcari pelitici nodulari o con suture, rosso-pallidi, un po' marnosi, con Belemniti ed Ammoniti. Si parla allora di *facies di Adneth*. Ma, ripetutamente e per brevi tratti, si passa lateralmente a calcari a Crinoidi di color rosso carne (*facies di Hierlatz*), per cui si sconsigliano questi due nomi di facies e si parla genericamente di *calcare rosso del Lias inf.* (« Liasbasiskalk »). Questo giace generalmente su formazioni retiche; solo tra Hindelang e Füssen trasgredisce sulla dolomia principale norica, in quanto il Retico vi fu asportato o forse non si sedimentò nemmeno (Fig. 5).

Durante la fine del Lias inf. ed all'inizio del Lias medio, si restringe il bacino di sedimentazione dei calcari rossi e questi rimasero limitati a sottili

fascie presso i bordi settentrionale e meridionale delle Alpi calcaree. Presso quest'ultimo (al Flexen-Pass) una fauna con Ammoniti mostra che, in questa zona, v'è una corrispondenza di facies ed anche cronologica col rosso ammonitico inferiore sud-alpino ed appenninico.

Nel Dogger superiore i calcari rossi si estesero di nuovo su aree maggiori, a partire dalle fasce entro cui erano rimasti limitati, e vennero poi coperti, come gli strati di Allgäu superiori, dalle radiolariti del Malm inferiore.

La tabella 1 dà un quadro generale della stratigrafia del Giura nel territorio in esame.

Paleogeografia

Dalla facies e distribuzione degli spessori risulta che, durante il Lias ed il Dogger, il bacino di sedimentazione delle Alpi calcaree sett. era suddiviso in un certo numero di soglie e bacini. Durante quel tempo, le condizioni paleogeografiche sono rimaste pressoché inalterate.

A causa delle forti deformazioni tettoniche di questa regione, non è stato possibile ricostruire ovunque quantitativamente le condizioni pretettoniche dell'area di sedimentazione. Si è rinunciato perciò ad una moltiplicazione delle carte paleogeografiche. Per la loro utilizzazione si ricordi che: *a)* tutte le strutture sono state accorciate trasversalmente alla direzione assiale; *b)* le strutture giacenti originariamente in posizione obliqua rispetto all'attuale assetto delle pieghe sono state ruotate di un angolo ignoto ed avvicinate di conseguenza alla direzione assiale del sistema montuoso.

Non bisogna poi dimenticare che i calcari di scogliera retici ed infraliassici vennero generalmente ricoperti dai calcari rossi, mentre sopra il dominio di diffusione delle Marne di Kössen (« Zwischenriff-Fazies ») il Lias comincia di regola con gli Strati di Allgäu.

Si dovrà ben ammettere che le scogliere retiche si siano sviluppate su delle soglie. Sicuramente sono sopravvissute per un certo tempo alle Marne di Kössen. Da ciò si deduce che i calcari rossi devono essere interpretati come sedimenti di soglia, e gli strati di Allgäu come sedimenti di bacino.

Il passaggio laterale da calcari rossi a calcari

macchiati degli Strati di Allgäu è di sovente intercalato da strati ricchi in selce, interpretati come termine di passaggio dalla sedimentazione di soglia a quella di bacino.

Le condizioni paleogeografiche variano decisamente già a partire dal Lias medio basso. I sedimenti di bacino si estendono sopra al dominio delle scogliere, ma attraverso il Lias sup. ed il Dogger restano ancora sottili lembi delle antiche soglie, costituiti da calcari rossi, relegati ai bordi settentrionale e meridionale delle Alpi calcaree (Fig. 6). Nella carta delle isopache del Lias inf. e medio (Fig. 7) compare solo la soglia meridionale di Zürs, con spessori ridottissimi.

Sedimenti assai potenti si sono depositi nell'ampio bacino che va dalle Alpi di Allgäu alla media valle del Lech. Qui Lias inf. e medio raggiungono, in profili praticamente indisturbati, i 1100 m di potenza. La zona ad *Amaltheus margaritatus* può raggiungere da sola i 600 m, mentre sulle soglie si depositavano appena pochi metri di sedimenti.

Accanto a questo bacino se ne delineano alcuni altri più piccoli ed incompleti presso Tannheim, ad Ovest di Ehrwald ed a NE di Landeck. Le soglie che stanno tra questi bacini minori si lasciano riconoscere non dalla facies ma dagli spessori. Probabilmente trattasi in questi casi unicamente di effetti provocati da una velocità differenziata di subsidenza, senza grandi differenze morfologiche e di livello.

Nel Toarciano inf., nelle Alpi calcaree sett. ed in altre vaste aree dell'Europa, si depositarono sedimenti argillosi, attribuibili ad una variazione di clima (relativamente più umido e fresco).

Nel Dogger sup. si hanno i calcari rossi ed anche altri sedimenti relativamente poco profondi (p. es. i calcari spatici ad Echinodermi, Fig. 12). Tutti questi sedimenti vengono ricoperti dalle radiolariti del Malm inf. senza riconoscibili interruzioni nella sedimentazione.

Per concludere, si vuol ricordare che la grande flessione sigmoidale del bordo settentrionale delle Alpi calcaree, tra Füssen e la Bregenzer Ach, era già delineata paleogeograficamente e perciò non fornisce nessuna indicazione sull'entità della spinta subita dalle Alpi calcaree settentrionali.

Manoscritto presentato nell'aprile 1964

LITERATUR

- AUBOUIN J. (1959) — Contribution à l'étude géologique de la Grèce Septentrionale: les confins de l'Épire et de la Thessalie. - *Ann. géol. Pays Helleniques*, **10**, 1484, Athen.
- BESLER W. (1959) — Die Jura-Fleckenmergel des Tannheimer Tales (Ausserfern, Tirol). - *Jb. Geol. Bundesanst.*, **102**, 407-460, Wien.
- CUSTODIS A. & SCHMIDT-THOMÉ P. (1939) — Geologie der Bayrischen Berge zwischen Hindelang und Pfronten im Allgäu. - *Neues Jb. Mineral. etc. Beil.* - Bd. **80**, Abt. B, 1939, 307-463, Stuttgart.
- FABRICIUS F. (1962) — Faziesentwicklung an der Trias Jura-Wende in den mittleren Nördlichen Kalkalpen. - *Z. Deutsch. Geol. Ges.*, **113**, 311-319, Hannover.
- GRUNAU H. (1947) — Geologie von Arosa (Graubünden) mit besonderer Berücksichtigung des Radiolarit-Problems. - 109 S. Diss., Bern.
- GRUNAU H.R. (1959) — Mikrofazies und Schichtung ausgewählter, jungmesozoischer Radiolarit-führender Sedimente der Zentral-Alpen. - *Intern. Sediment. Petrogr. Ser.*, **4**, 179 S., Leiden.
- HUCKRIEDE R. (1959) — Trias, Jura und tiefere Kreide bei Kaisers in den Lechtaler Alpen (Tirol). - *Verh. Geol. Bundesanst.*, **1959**, 44-92, Wien.
- HUCKRIEDE R. (1959) — Die Eisenspitze am Kalkalpen-Südrand (Lechtaler Alpen, Tirol). - *Z. Deutsch. Geol. Ges.*, **111**, 410-433, Hannover.

- JACOBSSHAGEN V. (1958) — Zur Stratigraphie und Paläogeographie der Jura-Fleckenmergel im südöstlichen Allgäu. - *Notizbl. Hess. L.-Amt Bodenforsch.*, **87**, 208-226, Wiesbaden.
- JACOBSSHAGEN V. (1965) — Die Allgäu-Schichten zwischen Wetterstein-Gebirge und Rhein. - *Jb. Geol. B.-A.*, Wien (im Druck).
- KOCH K.E. & STENGEL-RUTKOWSKI, W. (1959) — Faziesuntersuchungen in Jura und Unterkreide der westlichen Lechtaler Alpen. - *Verh. Geol. B.-A.*, **1959**, 179-201, Wien.
- KOCKEL C.W., RICHTER M. & STEINMANN H.G. (1931) — Geologie der Bayrischen Berge zwischen Lech und Loisach. - *Wiss. Veröff. Deutsch. u. Österr. Alpenver.*, **10**, 231 S., Innsbruck.
- MILLER H. (1963) — Gliederung und Alterstellung der jurassischen und unterkretazischen Gesteine am Südrand des Wetterstein-Gebirges (« Jungschichtenzone ») mit einem Beitrag zur geologischen Stellung der Ehrwalde. - *Mitt. Bayr. Staatssamml. Paläont. histor. Geol.*, **3**, 51-72, München.
- REUM H. (1962) — Zur tektonischen Stellung des Falkensteinzuges am Nordrand der östlichen Allgäuer Alpen. - *Z. Deutsch. Geol. Ges.*, **113**, 507-534, 1961, Hannover.
- RICHTER D. (1954) — Über die Retterschwang-Decke bei Hindelang im Allgäu. - *N. Jb. Geol. Paläont., Mh.*, **1954**, 385-392, Stuttgart.
- RICHTER D. (1963) — Geologie der Allgäuer Alpen südlich von Hindelang. - *Beih. Geol. Jb.*, **48**, 45-128, Hannover.
- RICHTER R. (1928) — Die fossilen Fährten und Bauten der Würmer, ein Überblick über ihre biologischen Grundformen und deren geologische Bedeutung. - *Paläont. Z.*, **9**, 193-240, Berlin.
- ROTHPLETZ A. (1886-87) — Geologisch-paläontologische Monographie der Vilser Alpen mit besonderer Berücksichtigung der Brachiopoden-Systematik. - *Paläontogr.*, **33**, 1-180, Stuttgart.
- SCHRÖDER J. (1925) — Die jurassischen Fleckenmergel der bayrischen Alpen. - *N. Jb. Min. etc.*, Beil.-Bd. **52 B**, 224-283, Stuttgart.