Zur Entwicklung des subalpinen Molassetroges

Von

Bohdan Kordiuk

Lemberg

Hierzu 3 Tafeln und 14 Abbildungen

Herausgegeben
von der
Preußischen Geologischen Landesanstalt

BERLIN

Im Vertrieb bei der Preußischen Geologischen Landesanstalt
Berlin N 4, Invalidenstraße 44

1938

Universitätsbibliothek
Göttingen

Inhalt

Seite

Einleitung 6

A. Gliederung der Molasseschichten 7

I. Zone der subalpinen Molasse 7

a) Das Gebiet zwischen Salzach und Inn 7

b) Das Gebiet zwischen Inn und Loisach 12

c) Das Gebiet zwischen Loisach und Iller 13

d) Das Gebiet zwischen Iller und Bodensee 14

II. Zone der ungefalteten Molasse 15

a) Schwaben 15

b) Das Gebiet des Schliers 15

c) Die Schichtenfolge in den wichtigsten Tiefbohrungen 17

Ergebnis 18

B. Paläogeographie des Molassetroges 19

I. Im Rupel 19

II. Im Katt 21

III. Im Aquitan 21

IV. Im Burdigal 21

V. Im Helvet 24

VI. Im obersten Miozän 24

C. Zur Verlagerung des Molassetroges 24

I. Die Entwicklung der Kohlenflöze in der bayerischen Molasse . . 24

II. Die Geröllführung der Molasse und ihre tektonische Bedeutung . 26

D. Das Alter der Molasse-Faltung 34

E. Art und Ausmaß der Molasse-Faltung 37

I. Der Südrand der Molasse 37

II. Der Faltenbau der subalpinen Zone 39

III. Die Tektonik des Schliers 40

Zusammenfassung 40

Schriften 42

Vorwort

Die vorliegende Arbeit bildet einen Teil einer größeren Gemeinschaftsarbeit über die Entwicklung der nordalpinen Saumtiefe. Für die Anregung und für die stete Unterstützung im Verlauf der Geländearbeit und im Geologischen Institut der Universität Berlin schulde ich Herrn Prof. Dr. H. Stille herzlichen Dank. Mit Rat und Tat haben mir ferner zur Seite gestanden Herr Dr. Teichmüller (Berlin), Herr Prof. Dr. Boden, Herr Prof. Dr. Kraus und Herr Geh. Oberbergrat Weithofer in München, Herr Dr. F. Müller (Kempten), Herr Dipl.-Ing. Emmerich und Herr Dipl.-Ing. Kopony (Marienstein), Herr Hölzl (Hausham) und Herr Dr. E. Stach (Berlin).

Einleitung

Es ist im wesentlichen das Verdienst von Gümbel und Weithofer, die Stratigraphie und Tektonik der bayerischen Molasse in ihren Grundzügen geklärt zu haben. Die späteren Arbeiten von E. Kraus, K. Boden, F. Müller, M. Richter u. a. konnten nurmehr Einzelheiten berichtigen und ergänzen. Aber wir verdanken doch gerade diesen Lokalstudien so viel neue Erkenntnisse, daß es an der Zeit ist, einmal wieder eine Synthese zu wagen und die vielen Einzeltatsachen zu einem geschlossenen Bild von dem epirogenen und orogenen Werdegang der bayerischen Molasse zu vereinen. — Das Literaturstudium ergab bald, daß eigene Geländeuntersuchungen nötig waren, um manche Widersprüche zu klären und die eine oder andere Lücke zu schließen. Selbstverständlich konnte ich in der zur Verfügung stehenden Zeit von noch nicht zwei Jahren nicht das ganze Gebiet untersuchen. Ich mußte mich auf die wenigen gut aufgeschlossenen Profile beschränken.

A. Gliederung der Molasseschichten

Das große Becken zwischen den Alpen, der Schwäbischen Alb und der Böhmischen Masse wird durch tertiäre Schichten ausgefüllt, welche nach Gümbel (1861, 1884) in vier Stufen geteilt werden:

Obere Süßwassermolasse,
Obere Meeresmolasse,
Untere Süßwassermolasse,
Untere Meeresmolasse.

Die Untere Meeresmolasse und die Untere Süßwassermolasse stellt man auf Grund der Fauna ins Oligozän, die Obere Meeresmolasse und die Obere Süßwassermolasse ins Miozän. Diese Teilung hat sich für weite Gebiete als zweckmäßig erwiesen. In der vorliegenden Arbeit sollen aber Bezeichnungen wie U. M. M., U. S. M., O. M. M., O. S. M. möglichst vermieden werden, weil es sich hierbei um fazielle, nicht aber um stratigraphische Begriffe handelt.[1])

I. Zone der subalpinen Molasse

a) Das Gebiet zwischen Salzach und Inn

Eine ausführliche Beschreibung dieses Gebietes verdankt man C. W. von Gümbel. Diese ist durch Spezialarbeiten von Boden (1935), Reis (1895, 1921), Schlosser (1893) und Weithofer (1920) später ergänzt worden. Das Gebiet ist nur in den großen Tälern besser aufgeschlossen. Es soll von Osten nach Westen kurz beschrieben werden (vgl. Abb. 1).

1. Profil Teisendorf—Waging

Im Hangenden von eozänen Nummulitenkalken und dunkelbraunen Mergelschiefern, die in einem Nebengraben des Surtales aufgeschlossen sind, folgt, wie das Profil des Lußgrabens zeigt, eine mächtige Serie grauer, geschichteter Mergel ohne Makrofossilien. Die Mergel stehen stets steil bzw. sind schwach überkippt. Konglomeratbänke konnten nicht mit Sicherheit nachgewiesen werden. Die eintönige Serie wird im Hangenden sandig-glimmerig. Diese Gesteine dürften etwa 20 bis höchstens 50 m mächtig werden. Westlich Wimmern werden sie überlagert von gelb verwitterten, ziemlich groben Sanden, die reich an *Pecten* und Austern sind. Es handelt sich dabei wohl um basale Schichten des Burdigals. Diese wechsellagern im Surtal nordwestlich Wimmern mit grauen, sandigen, glimmerreichen Mergeln, die zum Teil feingeschichtet sind und an Schlier erinnern. Sie fallen nur noch mit etwa 25° ein.

---

[1]) Das Aquitan wird in diesem Gebiete allgemein zum Oligozän gerechnet (Baumberger, Stehlin, Dietrich-Kautsky, Wenz u. a.).

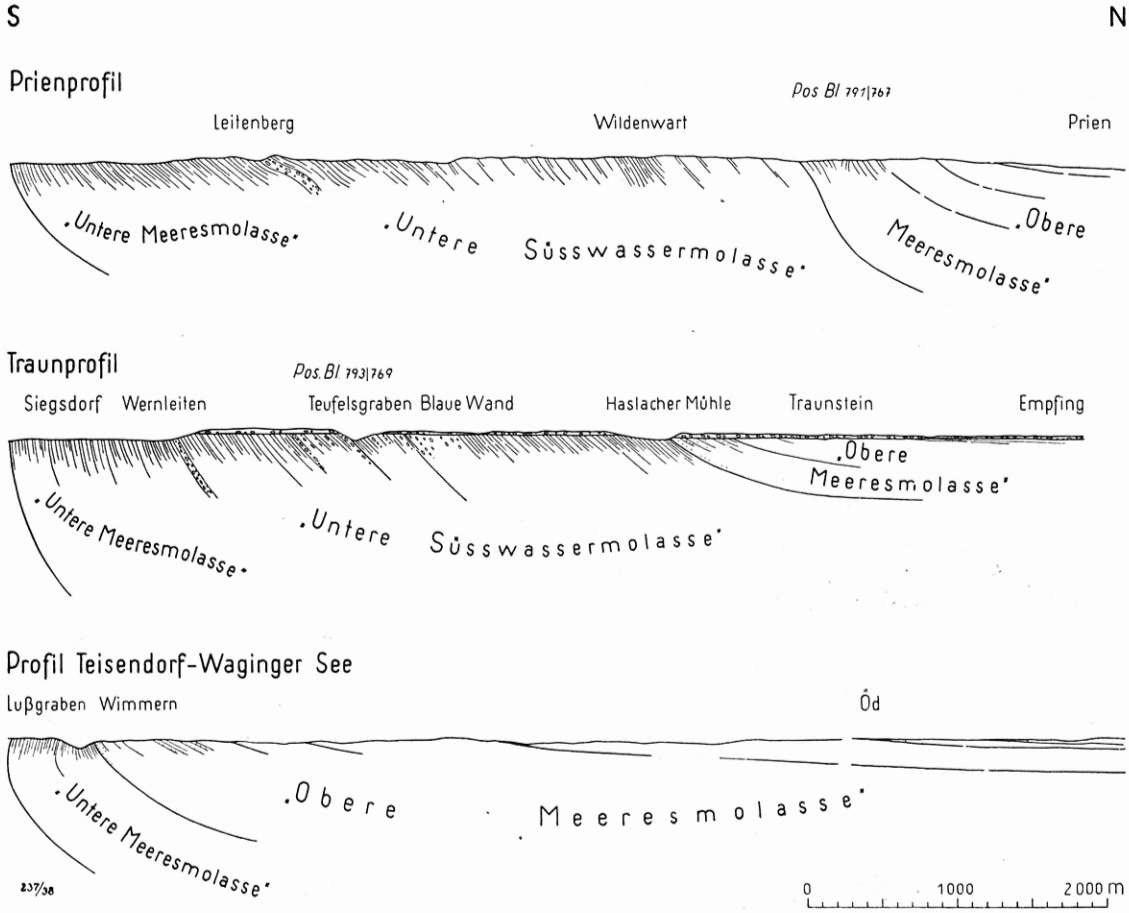


Abb. 1.
Profile durch die subalpine Molassezone zwischen Inn und Salzach

Der nördlichste Aufschluß im Surtal liegt östlich Breitenloh, wo am westlichen Ufer blaugraue sandige Mergel mit etwa 10° nach Norden fallen.

Die dunklen Mergel zwischen den eozänen Nummulitenschichten und dem Miozän möchte ich als marines Oligozän deuten. Die Annahme einer Störung oder Diskordanz zwischen Miozän und Oligozän ist nicht erforderlich.

In den Tälern südlich Waging ist die Fortsetzung des Surprofiles aufgeschlossen. Es handelt sich dabei stets um blaugraue sandige Mergel, die zum Teil flach nach Norden fallen, zum Teil aber auch horizontal liegen oder flach nach Süden fallen. Im Lohbach enthalten diese Mergel nordöstlich Heinrichsdorf große Austern. In den Sandgruben südlich Tettenhausen am Waginger See werden schräggeschichtete Grünsande mit kleinen Quarzkieseln abgebaut. Sie enthalten nach Franz Traub handgroße Exemplare von *Pecten palmatum* und Austern. Im Panolsgraben (3 km südwestlich

Waging) sind 250 m nordöstlich Panolsreut blaugraue sandige Mergel aufgeschlossen, die mit etwa 15° nach Osten fallen.

Zwischen Teisendorf und Traunstein finden sich nur vereinzelte Aufschlüsse. So ist zwischen Knapper und Lohstampf eine nordvergente Falte in den oligozänen Mergeln aufgeschlossen. Im unteren Aschauergraben finden sich graue mergelige Schichten mit vereinzelten Kieslagen. Sie liegen nahezu horizontal bzw. fallen schwach nach Süden. Es ist makroskopisch nicht zu entscheiden, ob hier tertiäre Schichten oder diluviale Ablagerungen vorliegen. Im oberen Teil des Grabens fallen Mergel, die zweifellos dem Tertiär angehören dürften, mit etwa 30° nach Norden ein.

Im Rundauer Graben bei Wagneröd sind ebenfalls Mergel aufgeschlossen, die im unteren Teil Gastropoden führen und mit 30° nach Norden fallen. Im Graben bei Gastag steht im südlichen Teile glimmerreicher Sand an, der mit etwa 25° nach Norden fällt. Im nördlichen Teil des Grabens treten auch Konglomerate auf: in einem mergeligen Bindemittel liegen bis faustgroße kristalline Gerölle. Diese Konglomerate sind in einer Mächtigkeit von 20 m unter dem Diluvium aufgeschlossen. Im Graben südöstlich Lauter stehen graue sandige Mergel an, die mit 25° nach Norden fallen.

2. Profil Siegsdorf—Traunstein

Im Tal der Weißen Traun liegen südlich Siegsdorf über Inoceramenführenden kalkigen Mergeln dunklere Mergel, die kalkige Sandsteinbänke mit Wurmspuren einschließen. Es folgt nach Norden eine Bank, die von Orbitoiden aufgebaut wird und dem Mittellutet angehört. Sie wird von dunklen Mergeln überlagert, die gleichfalls noch stark gestört sind. Ohne daß eine scharfe Grenze wahrzunehmen ist, stellt sich mit zunehmender Entfernung vom Eozänkalk ruhigere Lagerung ein. Die Mergel fallen aber noch steil nach Norden. Sie sind von der Unteren Meeresmolasse nicht unterscheidbar. Die gleichen Mergel sind auch zwischen dem Gehöft Paul-Fischer und Kohlbrenn an der Autobahn und in der roten Traun aufgeschlossen, desgleichen im Bierkeller an der Wernleitener Brücke. Dort haben sich früher auch Schiefer gefunden, deren Fischfauna nach Weiler auf Mitteloligozän weist (an der Ziegelei südöstlich Vitzthum soll sich eine kleine kohlige Einschaltung nach mündlicher Mitteilung von Herrn Hunklinger in Hallaich/Vogling gefunden haben).

Im Hangenden stellen sich in diesen Mergeln Konglomerate mit nußgroßen kristallinen Geröllen ein. Auch schwarze Dolomite treten unter den Geröllen auf. Die Konglomerate, die im Graben 200 m nordwestlich vom Gehöft Paul-Fischer am klarsten erschlossen sind, werden dort über 50 m mächtig und fallen mit etwa 60° nach Norden ein. Das Liegende ist allerdings nicht aufgeschlossen, doch dürfte die Basis der Konglomerate mit dem Fuß des Steilhanges annähernd zusammenfallen. In einem Graben oberhalb des Gehöftes Vitzthum fanden sich neben Pflanzenresten Muscheln und Schnecken, darunter *Cerithium margaritaceum*. Die sandigen Mergel über den Konglomeraten sind u. a. im Hohlweg südlich Aigen aufgeschlossen. Sie fallen auch dort mit etwa 60° nach Norden ein. Im Hangenden stellen sich

Sandsteinbänke ein, die z. B. an der Straßenböschung westnordwest Aigen entblößt sind.

Die klastischen Einschaltungen werden in den höheren Schichten häufiger. Konglomeratbänke mit faustgroßen Geröllen treten auf, wie z. B. in dem nach Stein hinaufziehenden Teil des Teufels- bzw. Talberggrabens. Die Konglomeratbänke wechsellagern mit grauen sandigen Mergeln, die eine reiche Fauna einschließen. Sie wurde von GÜMBEL näher untersucht. Die Schichten enthalten auch kleine Quarzkiesel. C. HÖLZL fand in den Mergeln als Seltenheit eine *Assilina* cf. *exponens*, die wohl aus dem Eozän umgelagert sein dürfte. Das gleiche dürfte für die nicht seltene *Amphistegina lessoni* gelten. Unter dieser Serie finden sich gelbe feinere, etwas tonige Sande mit Pflanzenresten. Sie werden etwa 5 m mächtig. Auch Kohle soll in diesen Schichten beobachtet sein.

Diese Folge wird durch ein etwa 100 m mächtiges Paket blaugrauer Mergel von höheren Konglomeraten getrennt, die die Blaue Wand an der Traun aufbauen. Sie enthalten sandig-mergelige Einschaltungen, in denen auch kohlige Linsen beobachtet worden sind. Die Konglomerate der Blauen Wand, die mit etwa 45° nach Norden fallen, lassen sich zum Pechschnaitbach bei Mitterbichl verfolgen. Auch im Steingraben bei Buchfelln finden sie sich wieder. Dort soll ebenfalls Kohle auftreten. Die Gerölle der Konglomerate bestehen aus kristallinem Material und erreichen einen Durchmesser von etwa 20 cm. Sie sind von BODEN näher untersucnt worden.

Im Hangenden des Konglomerates der Blauen Wand stellen sich wieder graue, sandig-glimmerige Mergel ein, die im Röthelbach und 200 m nördlich der Haslacher Mühle Muscheln und Fischreste einschließen.[2]) Diese Schichten fallen durchweg mit etwa 30° nach Norden ein. An der Haslacher Mühle beobachtete ich bei einer Rohrverlegung gelbe tonig-kalkige Sande. Ähnliche Schichten treten vereinzelt auch weiter im Norden, südlich Empfing, auf. Sie liegen hier nahezu horizontal. Eine Bohrung, die im Jahre 1918 von EIDLINGER jun. nordwestlich der Eisenbahnbrücke im Bereich des heutigen Tennisplatzes auf Mineralwasser heruntergebracht wurde, steht bis zur Endteufe von 300 m in diesen sandigen Mergeln.

3. Aufschlüsse zwischen Traun und Prien

Westlich Siegsdorf sind im Norden der helvetischen Kreide die tiefsten Schichten der Unteren Meeresmolasse beim Bau des Kurhauses Adelholzen aufgeschlossen worden. Es handelt sich um dunkelgraue Mergel. Ähnliche Gesteine lassen sich im östlichen Graben an der Straße Adelholzen—Bahnhof Bergen verfolgen. Die Schichten stehen zunächst steil und fallen dann nach Norden ein. In gelegentlichen Aufschlüssen des Oligozäns am Tannberg, westnordwestlich von Siegsdorf und südlich Schlecht, fallen die Schichten nurmehr mit 60° nach Norden ein. Die Konglomerate der Bausteinzone konnten westlich der Traun nicht verfolgt werden.

Nordöstlich Bergen beobachtet man ebenfalls noch ein mehr oder minder steiles Fallen der Unteren Meeresmolasse nach Norden.

---

[2]) Die Fossilführung weist auf Miozän (GÜMBEL, 1882, 1884).

In den vermoorten Niederungen südlich des Chiemsees ist die Untere Meeresmolasse nicht aufgeschlossen. Nur in den Härtlingen des Wester- und Oster-Buchberges tritt zu beiden Seiten der Achse oligozäne Molasse zutage in Gestalt von Konglomeraten, Sandsteinen und Mergeln. Die Konglomerate enthalten vorwiegend bis faustgroße kristalline Gerölle. Die sandigen, glimmerreichen Mergel schließen hinter dem Haus an der Südostecke des Wester-Buchberges eine reiche Fauna mit Cyrenen und Cerithien ein. Am Westende des Oster-Buchberges führen sie Pflanzen. Die ganze Serie erreicht hier eine Mächtigkeit von mindestens 400 m. Besonders auffällig ist, daß die Schichten stets mit 40—60° nach Süden bzw. Südwesten einfallen.

In den Hügeln bei Damberg und Wamsel und nordöstlich Hoherlach treten Mergel und Sandsteine gelegentlich in kleinen Anrissen zutage, jedoch konnte hier nicht das Fallen einwandfrei festgestellt werden.

Ähnliche Konglomerate, wie sie den Wester-Buchberg aufbauen, finden sich in den Bergen westlich von Bernau wieder.

Der südlichste Aufschluß liegt zwischen Oberreit und Kalkofen. An der Wegböschung treten graue Mergel mit kalkigen Konkretionen, die gelbgrau verwittern, zutage. Sie fallen mit etwa 75° nach Süden und sind stärker verruschelt. Ob es sich hierbei um Untere Meeresmolasse oder um helvetische Schichten handelt, muß noch dahingestellt bleiben.

Im Graben südlich Westerham ist eine mächtige Folge von Sandsteinen, Konglomeraten und Mergellagen aufgeschlossen. Die Schichten fallen mit etwa 60—80° nach Süden. Wohl die gleiche Serie steht im Graben südwestlich Gattern an. Dort enthalten die Mergel kleine, nicht näher bestimmbare Muschelreste. Im Süden stehen die Schichten saiger, im Norden fallen sie mit 75° nach Süden. Der Höhenzug zwischen Reitham und Bernau wird von Konglomeraten aufgebaut. Sie setzen sich vorwiegend aus faustgroßen kristallinen Geröllen zusammen. Die Konglomerate wechsellagern mit Sandsteinen und sandigen, glimmerreichen Mergeln, wie Aufschlüsse bei Hausbauten in Bernau zeigten.

Die gleichen Konglomerate streichen durch den oberen Teil des Grabens, der von Spöck herunterkommt. Dort enthalten die sandigen Mergel größere Muscheln und Brocken von Pechkohlen. Im unteren Teil des Grabens stehen sandfreie Mergel an, die mit etwa 55° nach Süden fallen. Muschelig brechende Mergel finden sich im Graben bei Moos. Hier fallen sie mit 80° nach Süden. Es erhebt sich die Frage, ob die Schichten hier nach Süden überkippt sind, oder ob eine sattelförmige Aufrichtung vorliegt. Die Entscheidung dieser Frage hängt von der Altersstellung dieser Schichten ab. Da sich keine einwandfrei bestimmbare Makrofauna fand, ist man auf die mikropaläontologische Untersuchung der Schichten angewiesen. Bis zum Beweise des Gegenteils darf man wohl annehmen, daß südlich des Chiemsees, d. h. in dem Bereich, wo die Flyschzone unterdrückt ist, auch die Molasse stärker eingeengt und infolgedessen bis zur Überkippung aufgerichtet ist; finden sich doch weder im Prien- noch im Traunprofil Anzeichen von größeren Sätteln und Mulden.

Aus den Profilen des Traun- und Prientales ergibt sich, daß die oligozäne Molasse hier weitgehend marin entwickelt sein dürfte, während die brackische Entwicklung ihr gegenüber unbedeutend erscheint (vgl. auch Taf. 3, Fig. 1).

b) Das Gebiet zwischen Inn und Loisach

Stratigraphie und Tektonik dieses Gebietes sind dank den Arbeiten von Weithofer (1899, 1902, 1912, 1918, 1920) gut bekannt. Ich bringe hier das Profil, das am vollständigsten ist und das Weithofer bereits eingehend bearbeitet hat.

1. Profil Hausham—Miesbach—Leitzachstollen—Kaltenbach

(Taf. 2)

Am Rande der Alpen ist die Tonmergelstufe an vielen Stellen gut aufgeschlossen, wie z. B. im Lochergraben und seinen Nebengräben. Die höchsten 200 m der Tonmergelstufe sind hier sehr reich an Mollusken und Gastropoden, wie bereits Gümbel gezeigt hat. Die Bausteinzone enthält im Lochergraben eine reiche Flora, die von Hölzl entdeckt ist. Darüber folgen mächtige Schichten der oligozänen brackischen Molasse. Stellenweise sind auch marine Schichten eingeschaltet. Sie finden sich z. B. in der aufgelassenen Ziegeleigrube westlich Hausham (Austernbänke!). Auch Süßwasserbildungen mit Kohlenflözen stellen sich ein. Unter den Sedimenten überwiegen Mergel, außerdem treten grobe und feine Sandsteine, stellenweise auch Konglomerate (diese aber nur sehr untergeordnet) auf. Im oberen Teil des Komplexes sind die sog. Glassande eingelagert. Es sind reine Quarzsande von eckigem, feinem bis mittelgrobem Korn. Sie bilden in der monotonen grauen Serie der Cyrenenschichten wichtige Leithorizonte. In der Miesbacher Mulde werden sie 8—9 m mächtig. Aus dem Leitzachstollen hat Weithofer (1912) zwei Glassande beschrieben von 25 bzw. 19 m Mächtigkeit, die durch etwa 22 m mächtige graue Mergel getrennt sind. — In Begleitung der Flöze finden sich oft Stinkkalke, die an vielen Stellen die Flöze fast verdrängen.

Über den Cyrenenschichten ruhen mehr als 320 m mächtige Mergel, die sog. Promberger Schichten. Es sind dunkle Mergel, die lithologisch und faunistisch der Tonmergelstufe ähneln. Darüber folgen die oberen Cyrenenschichten in einer Minimalmächtigkeit von 150 m. Auf diesen Schichten transgrediert das marine Miozän, basal mit Konglomeraten. Die Gerölle werden bis kopfgroß. Die Schichten sind sandig-tonig und fossilreich. Im Kaltenbach tritt auch noch sehr viel höher eine Konglomeratbank auf. Während der untere Teil des Burdigals mehr sandig ist, ist der höhere Teil toniger. Beide zusammen sind etwa 450 m mächtig.

Über dem marinen Burdigal finden sich nahe der Einmündung des Eulenbaches geringmächtige geröllführende Dreissensienbänke mit *Melanopsis impressa*. Ähnliche Dreissensienbänke, die gleichfalls ins Helvet gestellt werden, hat am Rainsberg zwischen Prien und Simsee Schlosser (1893) beschrieben. Überlagert werden diese Schichten durch den sog. Flinz. Der Flinz ist eine fluviatile bzw. limnische Fazies des jüngeren Miozäns. In diesem Gebiete wird er von groben Konglomeraten, Sanden und graugrünen Tonen vertreten. Er erreicht an der Mangfall eine Mächtigkeit von mehreren hundert Metern.

Ähnliche Verhältnisse herrschen in dem ganzen Gebiet zwischen Inn und Loisach. Im Marienstollen bei Marienstein (GÜMBEL, 1888; WEITHOFER, 1920 und 1934) sind die Tonmergel der marinen oligozänen Molasse in einer Mächtigkeit von mehr als 400 m aufgeschlossen.

Charakteristische Züge des Gebietes sind: die relativ große Mächtigkeit der Bausteinzone und die große Mächtigkeit des brackischen Oligozäns mit den Kohlenflözen.

c) Das Gebiet zwischen Loisach und Iller

Am besten bekannt ist hier das Gebiet zwischen Loisach und Lech. BÄRTLING (1912 und 1905), GILLITZER (1914), STUCHLIK (1902) und WEITHOFER haben es eingehend beschrieben. An der Wertach hat REISER (1922) den Versuch gemacht, die Verhältnisse zu klären. Sorgfältige Spezialuntersuchungen dieses Gebietes verdanken wir F. MÜLLER (1930).

1. Profil Penzberg—Promberg

(Taf. 2)

Die Schichtenfolge ist hier im ganzen ähnlich wie im Haushamer Profil. Nur der Cyrenenschichtenkomplex ist nicht mehr ganz einheitlich. Es schalten sich hier bunte Letten und Sandsteine, untergeordnet auch Konglomerate (mit rotem Bindemittel) ein. Kohlenflöze fehlen. Wegen der roten Farbe wird diese Serie als Untere Bunte Molasse bezeichnet.

2. Profil Ammer—Peißenberg

(Taf. 2)

An der Basis der Molasse tritt hier ein mächtiges Paket von Sandsteinen auf, das als „Liegender Sandstein" von BLÜHER (1935) und RICHTER (1925) bekannt geworden ist. Die Sandsteine sind ähnlich denen der Bausteinzone, enthalten aber keine Gerölle. Darüber liegt die Tonmergelstufe; lithologisch ähnelt sie der im Osten, jedoch nimmt die Fauna mehr brackischen Charakter an. Darüber folgt die Bausteinzone mit groben Konglomeraten. Im südlichen Teil des Profils sind die unteren Cyrenenschichten bereits ausgekeilt. Es folgt eine mächtige „Untere Bunte Molasse" mit groben Konglomeraten, Sandsteinen und roten Mergeln. In der Rottenbucher Mulde erscheinen über der Bausteinzone noch geringmächtige untere Cyrenenschichten. Die mittleren Cyrenenschichten sind hier nur noch halb so mächtig wie im Penzberger Profil. Die darüber folgenden Promberger Schichten sind sandig entwickelt und gehen allmählich in die Obere Bunte Molasse über, die hauptsächlich aus bunten Letten und Sandsteinen besteht. Die Obere Bunte Molasse bildet das höchste Glied des Oligozäns. Nördlich der Peißenberger Störung hat man die Obere Bunte Molasse in einem Querschlag angetroffen (unmittelbar neben Konglomeraten der Oberen Meeresmolasse mit *Ostrea crassissima)*. Die Obere Meeresmolasse ist hier scheinbar sehr geringmächtig (etwa 20 m), aber wohl tektonisch reduziert. Das Hangende bilden die Konglomerate des Flinzes, die den Hohenpeißenberg aufbauen.

Ein ähnliches Profil ist am Lech zu beobachten. Die brackischen Cyrenenschichten treten hier zurück. Nicht weit westlich vom Lech vereinigen sich die Untere Bunte Molasse und die Obere Bunte Molasse. Besonders klare Aufschlüsse der Bunten Molasse finden sich in der Halblech-Schlucht.

Weiter nach Westen wird die stratigraphische Gliederung der Molasse immer unsicherer. An der Wertach sind am Rande der Alpen noch der Liegende Sandstein, die Tonmergelstufe und der Bausandstein wiederzuerkennen. Es folgen die bis 400 Meter mächtigen Konglomerate der Unteren Bunten Molasse. An der Basis der Unteren Bunten Molasse finden sich gelegentlich Cyrenenbänke. Darüber folgen graue Mergel und Sandsteine mit Landschnecken. Dieses Schichtpaket ist unten vorwiegend mergelig, oben vorwiegend sandig. Das Miozän ist wie in den östlichen Profilen marin entwickelt.

Charakteristisch für das Gebiet zwischen Loisach und Iller sind:

1. die mächtige Entwicklung der Bunten Molasse, die in der Hauptmasse terrestrisch sein dürfte, auf Kosten der brackischen Cyrenenschichten,
2. das massenhafte Auftreten der groben Konglomerate.

d) Das Gebiet zwischen Iller und Bodensee

Die Gliederung der Molasse ist in diesem Gebiete von Kraus (1927, 1929 u. a.), Muheim (1934), F. Müller (1930), M. Richter (1925, 1926 u. a.), Thomas (1926) und Erb (1922) geklärt.

Profil Steineberg — Horn — Alpsee — Schönberg
(Taf. 2)

In diesem Profil, das im Norden vor allem von Müller bearbeitet worden ist, treten der Liegende Sandstein und die Tonmergelstufe nicht mehr zutage. Sie sind hier überfahren, erscheinen aber unweit östlich und westlich dieses Profiles wieder, z. B. bei Wagneritz am Grünten (Gümbel, 1884) und im Bregenzer Wald. An der Basis der Schichtfolge stellen sich die „Teufelslochschichten" ein. Es sind Mergel, Sandsteine und Nagelfluhbänke, die oft rot gefärbt sind. Diese und die darüberliegenden Hochgratschichten dürften am Steineberg kattischen Alters sein. Muheim (1934) hat nämlich im Fortstreichen nach Westen Cyrenen in diesen Schichten gefunden, die von Baumberger als kattisch erkannt wurden. Den ganzen Komplex hat Muheim „Weissachschichten" genannt. Darüber folgen die sog. „Steigbachschichten", die ebenfalls hauptsächlich aus Konglomeraten aufgebaut werden. Die Gerölle sind aber nicht so groß wie in den Weissachschichten. Ferner tritt die rote Farbe in den Steigbachschichten zurück. Es folgen die groben roten Konglomerate der „Kojenschichten" von Muheim („Hochgratschichten" der Horndecke von Kraus und „Rottachbergschichten" östlich der Iller von F. Müller). Die „Kojenschichten" gehören dem Aquitan an. Sämtliche Schichten, die im Süden vorwiegend konglomeratisch entwickelt sind, gehen nach Norden rasch in Sandsteine und Mergel über, wobei die Nagelfluhbänke immer geringmächtiger werden und seltener auftreten. So werden die Kojenschichten im Norden durch die sog. Blättermolasse (Gümbel) vertreten, die in der Hauptmasse aus tonigen Sandsteinen besteht.

Die Schichten der kattischen Stufe bilden im nördlichen Teil des Profils das „Mergelpaket" von F. Müller (1930) bzw. die „Zaumbergschichten" von Kraus (1926). Die groben Konglomerate werden nicht nur im Norden sondern auch im Osten großenteils von Sandsteinen und Mergeln vertreten; so z. B. sind östlich der Iller am Fuße des Grünten die kattischen „Nesselburgschichten" als ein Paket von Konglomeraten, Sandsteinen und Mergeln entwickelt, die ihrer Lage nach der Unteren Bunten Molasse im Osten entsprechen und im Westen den Weissach- und Steigbachschichten. Im Vergleich mit den Weissach- und Steigbachschichten westlich der Iller sind die Nagelfluhbänke östlich der Iller nicht so mächtig. Auch sind die Gerölle kleiner, Sandsteine und Mergellagen werden häufiger und mächtiger.

Konkordant auf dem Aquitan liegen beiderseits der Iller Konglomerate, die an vielen Stellen eine reiche marine Fauna des Burdigals enthalten, so z. B. am Hauchenberg und bei Sulzberg. Sie gehen so allmählich in die Süßwasserkonglomerate, Sandsteine und Tone des jüngsten Miozäns über, daß es oft schwer ist, die Grenze zu ziehen.

Im Gebiet zwischen Iller und Bodensee fällt vor allem die sehr mächtige und grobkonglomeratische Entwicklung sämtlicher Stufen auf (nur die tieferen Schichten des Rupels sind geröllarm).

II. Zone der ungefalteten Molasse

a) Schwaben

Die Gliederung des Tertiärs in Schwaben ist durch die Arbeiten von Dietrich, Berz, Moos und Kiderlen weitgehend geklärt. Auf dem Jura ruht die kattische Stufe, die von Süßwasserkalken, Tonen und Mergeln vertreten wird. Es sind die sog. „Ramondischichten". Über den Ramondischichten liegen die lithologisch ähnlichen Sedimente des Aquitans, die „Subrugulosaschichten". Auf dem Aquitan transgrediert das Burdigal mit marinen Sanden, Tonen und konglomeratischen Muschelsandsteinen. Im Helvet bildet sich in einem beschränkten Raume an Fuße der Alb die sog. Graupensandrinne (Moos, 1924), die mit fluviatilen Sanden erfüllt ist. Darüber folgen die Tone und Sande der Kirchberger Schichten. Sie enthalten eine brackische Fauna des Helvets. Den Abschluß bilden die Mergel der Oberen Süßwassermolasse.

b) Das Gebiet des Schliers

In Oberösterreich und im anschließenden bayerischen Innviertel treten dunkelgraue, feingeschichtete sandige Mergel zutage, der sog. Schlier. Der Reichtum des Schliers an Schwefelkies einerseits und die benthonische Kümmerfauna andererseits weisen auf den Absatz in einem schlecht durchlüfteten brackischen Meeresraum. Die stratigraphische Stellung des Schliers war lange umstritten; Suess (1891) stellte ihn ins Burdigal, während Gümbel an dem helvetischen Alter des Schliers festhielt. Schließlich kam Abel (1903, 1905) zur Überzeugung, daß ein Teil des Schliers im Tullnerbecken dem Oligozän angehört. Ebenso stellt Götzinger (1929) zwischen Neulengbach und Kogl gewisse Schliermergel ins Oligozän. Auch Vetters (1929, 1931) hat fossilführenden Oligozän-Schlier in der Umgebung von Ybbs nachgewiesen. Zu erwähnen bleibt schließlich noch,

daß nach Schaffer (1927, 1928) im Mittelmiozän Niederösterreichs typischer Schliermergel auftritt. Petters ist es gelungen, auf Grund eingehender Foraminiferenuntersuchung (1936) in einigen österreichischen Bohrungen oligozäne Schliermergel von miozänen einigermaßen zu trennen, nachdem bereits Götzinger (1926) bei der Bearbeitung der beiden Bohrungen in Eisenhub eine ähnliche Teilung durchgeführt hatte. Der Schlier ist also keine stratigraphische Stufe sondern eine Fazies.

Oligozäner Schlier ist von Grill im Gallneukirchner Becken und von Schadler bei Linz in weiter Verbreitung nachgewiesen worden. Es sind feingeschichtete, graue Tone mit dolomitischen Bänken. Gelegentlich stellen sich auch — wie Schadler gezeigt hat — gelbe Hornsteinbänke ein, die an

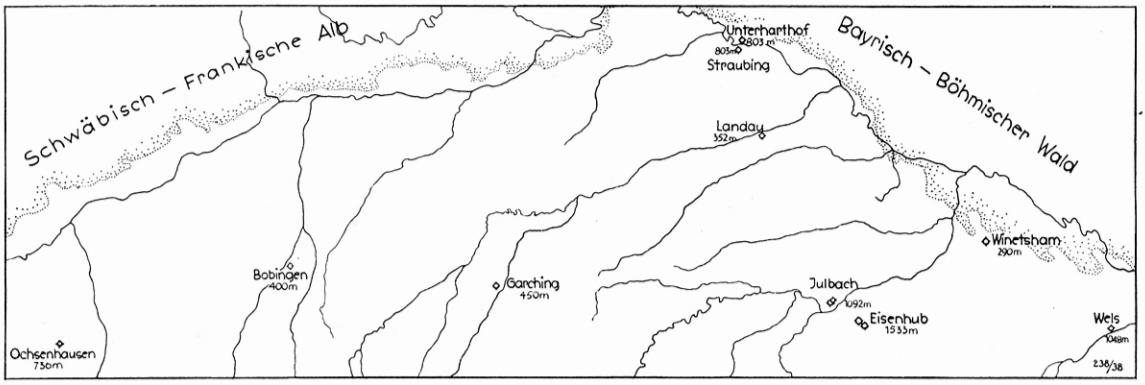


Abb. 2. Die wichtigsten Bohrungen im subalpinen Tertiär

die Menilithe der Karpaten erinnern. Der oligozäne Schlier verzahnt sich hier mit weißen Quarzsanden, den sog. Linzer Sanden, die zahlreiche Wirbeltierreste des Oberen Oligozäns geliefert haben. — Am Südrand des oberösterreichischen Schlierbeckens sind bei Bad Hall Mergel aufgeschlossen, die wohl dem Oligozän angehören dürften, zumal sie von tiefmiozänem Schlier überlagert werden.

Am Fuße des Neuburger Waldes sind nur burdigale Schliermergel nachweisbar. Gelegentlich sind den Schliermergeln grobe marine Sande eingeschaltet. Sie bilden die Randfazies des Schliers. Diese Sande verzahnen sich beckenwärts immer mehr mit Schliermergeln. Nowack (1921) und Petrascheck (1925) haben solche sandigen Einschaltungen weit verfolgt.

Das Hangende bilden im bayerischen Innviertel die Oncophorasande, die dem Helvet angehören.[3]) Sie entsprechen einerseits den Kirchberger Schichten in Oberschwaben (Kraus, 1915; Moos, 1926 und Kiderlen, 1931), andererseits den Dreissensienschichten des Kaltenbaches (Schlosser, 1893). Darüber folgen Schotter und Sande, die teils dem Oberen Miozän, teils vielleicht auch dem Altpliozän angehören.

[3]) Man hat mit den Oncophorasanden auch die „Grunder Schichten" Oberösterreichs parallelisiert. Jedoch dürften diese großenteils eine sandige Fazies des tieferen Schliers darstellen, die an den Alpenrand gebunden ist.

Abb. 3. Die wichtigsten Bohrprofile des subalpinen Tertiärs

c) Die Schichtenfolge in den wichtigsten Tiefbohrungen

Über die Schichtenfolge in der Mitte des Beckens können nur die Bohrprofile etwas aussagen, weil die tieferen Schichten durch obermiozäne und diluviale Ablagerungen weithin bedeckt sind. Abb. 2 zeigt die Lage der wichtigeren Bohrungen, die bis 1934 niedergebracht sind, Abb. 3 ihre Profile. Das wichtigste Ergebnis ist, daß in den österreichischen Bohrungen Eisenhub und Wels Oligozän nachgewiesen ist, während in den Bohrungen Straubing, Unterharthof, Winetsham und Landau unmittelbar unter dem marinen Miozän kristallines Grundgebirge bzw. Mesozoikum angetroffen wurde. In der

Bohrung Garching dürften über dem Schlier noch Oncophorasande vorhanden sein. Das marine Burdigal ist in den östlichen Bohrungen mehr mergelig-tonig entwickelt, in den Bohrungen Bobingen und Ochsenhausen dagegen mehr sandig-glaukonitisch. In den Bohrungen Straubing, Unterharthof und Winetsham schalten sich im Schlier (nach den Mitteilungen von TILLMANN) ziemlich grobe Sande ein.

Ergebnis

Die basalen Schichten der bayerisch-schwäbischen Molasse gehören zum Rupel. In der Schweiz hatte bereits BAUMBERGER (1925, 1921 und 1931) fossilführendes Rupel nachgewiesen. Es liegt nahe, die Horwerschichten und den Weggiser Sandstein mit der Tonmergelstufe und der Bausteinzone zu parallelisieren. Dafür spricht, daß sich in der Tonmergelstufe des Marienstollens (nach freundlicher Mitteilung von SCHEFFEN) eine Fauna fand, die der bekannten — jetzt ins Mitteloligozän gestellten — Fauna mit *Clavulina szaboi* entspricht. Diese Fauna fand sich aber nur in den obersten Schichten der Tonmergelstufe. Wenn man berücksichtigt, daß diese Tonmergelstufe noch eine sehr große Mächtigkeit hat und westlich der Ammer der „Liegende Sandstein" auftritt, so ist nicht ausgeschlossen, daß der unterste Teil der Molasse sogar dem Unteroligozän angehört.

Die Bausteinzone bildet einen guten Leithorizont an der Basis der kattischen Stufe. Wo die Bausteinzone fehlt, ist die Trennung von Rupel und Katt zur Zeit noch nicht möglich. Da marine Schichten im Prien- und Traunprofil auch über der Bausteinzone liegen, darf ihre Fauna nicht mit

	Ost-Schweiz	Zwischen Rhein u Iller	Zwischen Iller u. Loisach	Zwischen Loisach u. Inn	Zwischen Inn u Salzach	Ob. Österreich
Jüngeres Miozän	Obere Süsswasser-Molasse	Obere Süsswasser-Molasse (Flinz)				
Helvet					Dreissensien-Sch.	Oncophora-Sande
Burdigal	„Seelaffen" (Muschelsandstein) Nagelfluh	Obere Meeres-Molasse	Obere Meeres-Molasse	Obere Meeres-Molasse	Obere Meeres-Molasse	Bivalven-u Ostrakoden-Gruppe von Götzinger
Aquitan	„Granitische Molasse"	Kojen-Sch. (z.T. Hochgrat-Sch. Kraus) Blättermolasse	Ob. Bunte Molasse	Obere Cyrenenschichten	Cyrenen-Sch. u. Untere Meeres-Molasse	Melletta-Schiefer — Schlier
Katt (ob. Stamp)	Scheidegger Kalknagelfluh Speernagelfluh (bzw. Bunte Riginagelfluh)	Steigbach-Sch. Weissach-Sch. (im N z.T. Zaumberg-Sch. (Kraus) bzw. „Mergel-Paket" (Müller))	Promberger Sch. Cyrenen-Sch. Unt. Bunte Molasse (bz.w. Nesselburg-Sch.)	Cyrenen-Sch.		
Rupel (unt. Stamp)	Weggiser Sandstein Horwer Sch. (Griesiger Mergel)	Bausteinzone Tonmergelstufe Liegender Sandstein	Bausteinzone Untere Meeres-Molasse Wagneritz-Sch. Liegender Sandstein	Bausteinzone	Bausteinzone z.T. Fischschiefer	23/38

Stratigraphische Tabelle der tertiären Schichten in der nordalpinen Saumtiefe

der Fauna der Tonmergelstufe zusammengefaßt werden, wie es Wolff (1897) gemacht hat. Die Fauna des Tollberggrabens (Traunprofil) dürfte eher mit der Fauna der Promberger Schichten parallelisiert werden.

Das kattische Alter der Bunten Molasse und der Cyrenenschichten ist unbestritten. Da sich aber die Cyrenenschichten im Chiemgau mit marinen Schichten verzahnen, dürfte ein erheblicher Teil der letzteren der kattischen Stufe angehören.

Das Aquitan ist nur im Allgäu faunistisch nachgewiesen. Da keine Lücke zwischen der Oberen Bunten Molasse und den Oberen Cyrenenschichten einerseits und der burdigalen Meeresmolasse andererseits besteht, ist die Möglichkeit nicht von der Hand zu weisen, daß diese Schichten das Aquitan vertreten. In Oberösterreich und im bayerischen Innviertel könnte das Aquitan marin entwickelt sein, ohne daß bisher sein Nachweis möglich war. In vorstehender Tabelle habe ich die Schichten auf Grund dieser Überlegungen zu parallelisieren versucht.

B. Paläogeographie des Molassetroges

(vgl. Taf. 3 und Abb. 4—6)

Die jüngsten Schichten des Helvetikums, die sog. „Stockletten", gehören dem Oberen Eozän an. Sie sind am ganzen Nordrande der Alpen zu verfolgen. Die ältesten Schichten der Molasse gehören dem Rupel, vielleicht z. T. noch dem Lattorf an. Wir kennen keine Schichten von der Grenze Eozän—Oligozän. Es ist aber folgende Entwicklung denkbar. — Nach dem Oberen Eozän fand eine Faltung statt, die im Bereich der heutigen Alpen auf kurze Zeit das Gebiet gehoben und das Meer verdrängt hat. Weiter im Norden dürfte aber die Sedimentation andauern. So hätten wir in dem Gebiete der heutigen Molasse unter dem Rupel vielleicht ohne Diskordanz die Schichten des Helvetikums anzunehmen, wofür ja auch die Bohrung Taufkirchen/Vils in gewisser Weise bereits den Beweis erbracht hat.

In Oberösterreich liegt die Molasse unmittelbar auf dem kristallinen Untergrunde, wie die Bohrung Wels gezeigt hat. Dieser östliche Teil der Saumtiefe scheint gegenüber dem bayerischen Becken eine ständige Hebungstendenz bewahrt zu haben. Der Molassetrog verschmälert sich merklich nach Osten. Das Kristallin nähert sich bis auf 10 km dem Flyschrand. Oligozäner Schlier kommt öfter an die Oberfläche, wobei er auch eine viel geringere Mächtigkeit aufweist als in Bayern.

Die Anlage des Molassetroges knüpft also an den Werdegang des helvetischen Troges an.

Nach relativ kurzer Unterbrechung durch die Faltung greift das Meer wieder von Norden in die Alpen bis zur heutigen Grauwackenzone vor.

Damit setzt die Entstehung der Molassesenke ein.

I. Im Rupel

(Taf. 3, Fig. 2)

Im Rupel wurden im Bereich der nordalpinen Saumtiefe schwefelkiesreiche Mergel abgelagert, im Westen auch Sande. Die Schüttung erfolgte vom Süden bzw. Südwesten her. Im Westen wurden, wie die Profile an der Ammer, am Lech und an der Wertach zeigen, mächtige (vorwiegend fein-

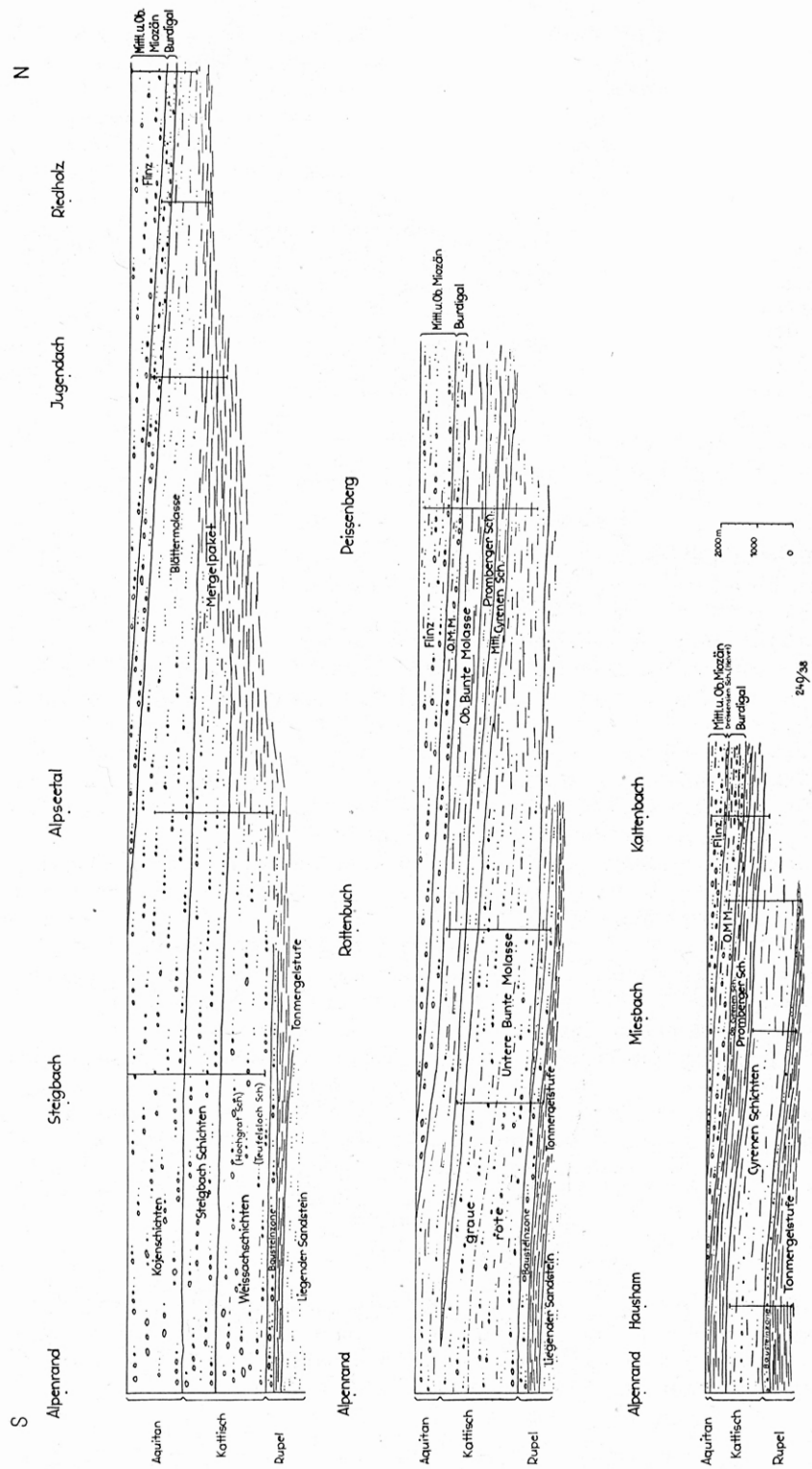


Abb. 4. Fazies-Querprofile durch die subalpine Molasse

körnige) Sande sedimentiert; offenbar lag hier die sedimentliefernde Küste näher als im Osten.

Die nördliche Grenze des Sedimentationsraumes im Rupel ist hypothetisch. Am Fuße des Bayerischen und Neuburger Waldes ist kein Rupel bekannt. Auch am Fuße der Alb fehlt Rupel. Die Nordgrenze der Rupelverbreitung muß also weiter südlich liegen. Das Meer stand einerseits in Verbindung mit dem karpatischen Meere (Böhm, 1929, Weiler, 1932), andererseits mit dem Rheintalgraben (Buxtorf & Fröhlicher, 1933). Das beweist vor allem die Fischfauna. Die Arbeiten von Petters (1936) haben ja auch im oberösterreichischen Schlier Oligozän nachgewiesen, von dem ein Teil dem Rupel angehören dürfte. Ein faunistischer Vergleich zwischen den cyrenenführenden Horwerschichten und den fossilreichen Schichten der Unteren Meeresmolasse im östlichen Oberbayern zeigt, daß die höchsten Teile der Tonmergelstufe im Westen brackisch, im Osten marin entwickelt sind.

II. Im Katt

(Taf. 3, Fig. 3)

Am Ende der Rupelzeit zieht sich das Meer aus großen Teilen des Sedimentationsraumes zurück. Nur östlich der Traun bleibt es und von hier stößt es gelegentlich nach Westen vor, wo zwischen Lech und Inn ein großes Brackwasserbecken entsteht. Dieses Becken wird oft gänzlich ausgesüßt, wie die Ablagerung der Kohlenflöze zeigt. Im Westen überwiegen grobe Deltaschüttungen, die sich von den Alpen bis weit nach Norden erstrecken. Am Ende der kattischen Stufe erfolgte eine stärkere Ingression des Meeres in das brackische oberbayerische Becken bis etwa zum Peißenberg. Westlich der Iller entstanden gleichzeitig die Steigbachschichten bzw. das „Mergelpaket".

III. Im Aquitan

(Taf. 3, Fig. 4)

Im Aquitan erfolgt wieder eine weitgehende Verlandung. Die Erosion wird im alpinen Abtragunggebiet stärker. Das Meer beschränkt sich auf das Schliergebiet. Zwischen Penzberg und Traun entstanden wieder brackische Schichten. Im allgemeinen ist aber die Abgrenzung des Beckens im Aquitan ähnlich wie in der kattischen Stufe. Der Südrand des Sedimentationsgebietes ist im östlichen Teile der bayerischen Molasse noch sehr weit südlich des jetzigen Alpenrandes zu suchen. Denn eine klastische Randfazies ist nicht bekannt, soweit nicht bei Traunstein in den Konglomeraten der Blauen Wand ein Schuttkegel vorliegt. In Schwaben werden rote Konglomerate, Sandsteine und Mergel abgelagert. Aquitan dürfte auch in sandig-mergeliger Fazies in der Bohrung Ochsenhausen angetroffen sein. Im oberen Donaugebiet greift das Aquitan nach Norden und Nordosten vor, und zwar in festländischer Entwicklung (Kiderlen, 1931).

IV. Im Burdigal

(Taf. 3, Fig. 5)

Im Burdigal ändert sich das Bild erheblich. In den gesamten Sedimentationsbereich dringt das Meer ein. Die Meeresverbindung zwischen Schweiz und Oberösterreich wird wiederhergestellt. Der Südrand des Troges wandert nach Norden. Er dürfte in Oberbayern etwa am heutigen Alpen-

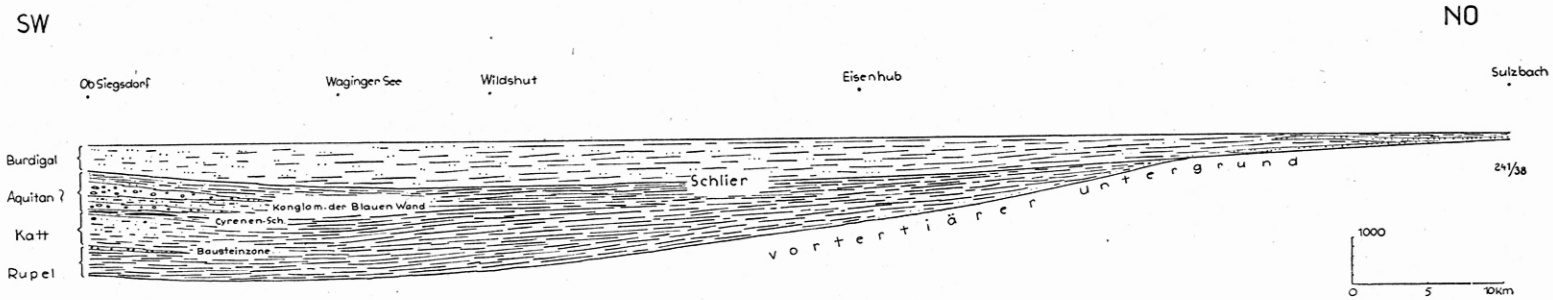


Abb. 5.

Fazies-Querprofil durch die Molasse zwischen Chiemgau und Innviertel

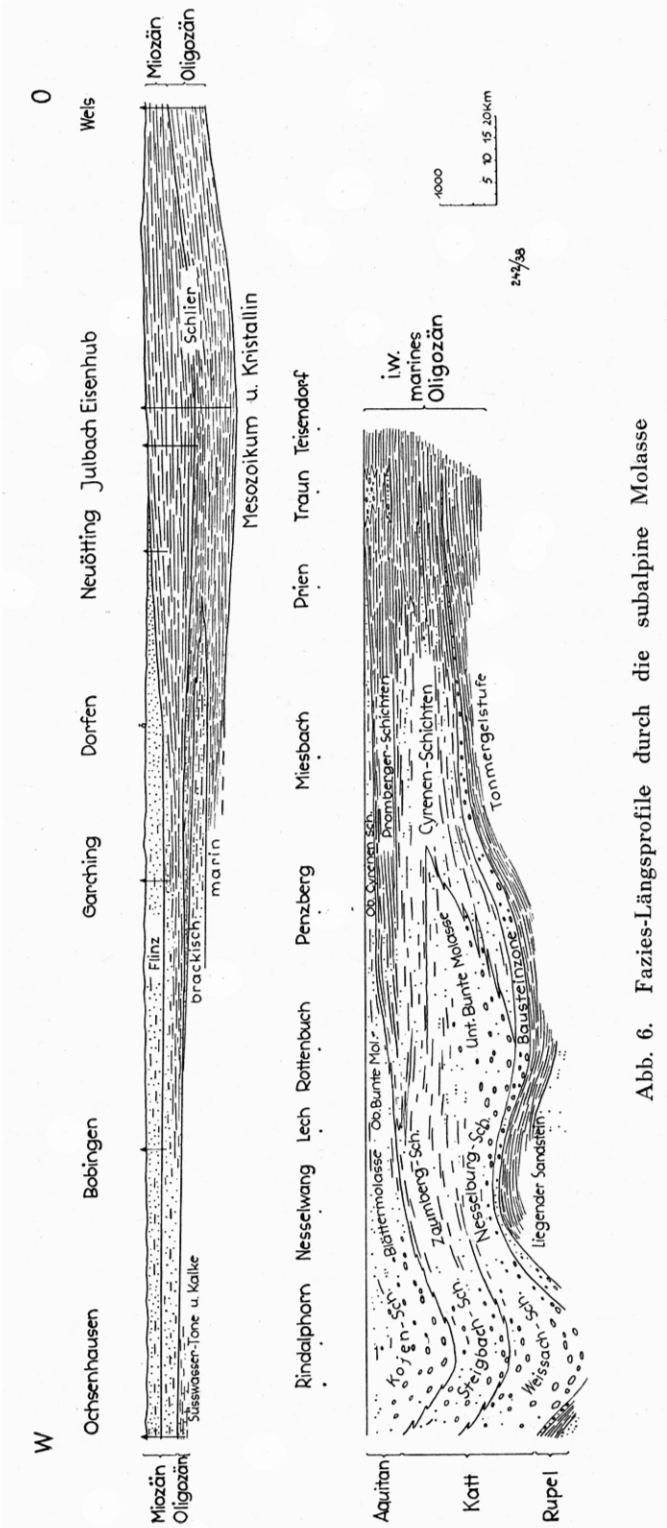


Abb. 6. Fazies-Längsprofile durch die subalpine Molasse

rand anzunehmen sein. In Oberösterreich dagegen ist der Südrand in den Alpen selbst zu suchen.

Gleichzeitig greift das Meer weiter nach Norden vor und überflutet weite Gebiete, die seit der Kreide Denudationsräume gewesen waren. Im Burdigal sind in den Randgebieten mehrfache Verschiebungen der Strandlinie nachweisbar. Gegen Ende des Burdigals zieht sich das Meer wohl wieder zurück; denn die Obere Meeresmolasse des oberen Donaugebietes vertritt nach Dietrich & Kautsky (1920) nur das Burdigal. In der Ostschweiz ist die Obere Meeresmolasse nach Albert Heim (1921) im wesentlichen auch Burdigal, reicht aber noch ins Helvet hinein. Auch aus dem Allgäu und der Ostschweiz zieht sich das Meer am Ende des Burdigals nach Osten und nach Westen zurück. Die alpinen Flüsse folgen dem zurückweichenden Meere. Ein solcher Fluß hat die groben alpinen Schotter am Fuß der Schwäbischen Alb in der Gegend von Baltringen geliefert. Diese Schotter können nicht von dem Allgäuer Schuttfächer stammen, weil in dem Zwischengebiet (Bohrung Ochsenhausen) keine Schotter nachzuweisen sind. Außerdem ist die Zusammensetzung der Schotter bei Baltringen anders als im Allgäu. Die Sande und der Schutt von Baltringen dürften mit dem Schuttkegel des Speerdelta zusammenhängen. Während zwischen Allgäu und Oberösterreich am Alpenrand nur brackische Sedimente nachweisbar sind, werden westlich von Bern in der Schweiz noch marine Schichten im ganzen Helvet, ja zum Teil noch im Torton abgelagert.

V. Im Helvet

(Taf. 3, Fig. 6)

Im Helvet entstehen im bayerischen Innviertel brackische Sedimente (Oncophorasande). Die Transgression kommt wieder von Osten. Ob eine Diskordanz bzw. eine Erosionsdiskordanz zwischen Schlier und Oncophorasanden besteht, ist zum mindesten sehr fraglich. Die Ablagerungen der Oncophorasande müssen mit den Kirchberger Schichten im oberen Donaugebiet irgendwie Zusammenhang haben, denn *Oncophora partschi* ist eine östliche Form und kann nur von Osten in den Sedimentationsbereich der Kirchberger Schichten eingewandert sein. In der Mitte des Bayerischen Beckens dauerte die Sedimentation an, war aber, da sich hier ein großes Delta nach Norden vorschob, von festländischem Charakter.

VI. Im obersten Miozän

Im obersten Miozän wird das Meer aus dem Bayerischen Becken vollständig verdrängt und überall festländischer Detritus abgelagert. Während im Norden des Beckens geröllführende Sande überwiegen, herrschen südlich von München Tone vor. Erst unweit vom Alpenrande erscheinen wieder großartige Schuttfächer.

C. Zur Verlagerung des Molassetroges

I. Die Entwicklung der Kohlenflöze in der bayerischen Molasse

Ähnlich wie für die subvariszische Saumtiefe ist auch für die nordalpine die Frage gelegentlich aufgeworfen worden, ob und inwieweit die Mulden und Sättel der subalpinen Falten schon epirogen vorgezeichnet gewesen seien. In

dieser Beziehung erlaubt die Entwicklung der Kohlenflöze eine Entscheidung; denn kein Teil der Molasse ist so genau verfolgt worden wie dieser. Trotzdem stößt eine derartige Untersuchung auf große Schwierigkeiten. Denn 1. ist der Abbau der Kohlenflöze örtlich ziemlich beschränkt, (Heute sind nur noch die Gruben Hausham, Marienstein, Penzberg, Peißenberg und Peiting der Beobachtung zugänglich. Früher waren auch Miesbach, Penzberg-Süd und mehrere kleine Gruben im Betrieb.) 2. waren mir nur in wenigen Fällen die älteren Grubenrisse zugänglich und 3. sind durchgehende Aufschlüsse selten. Die Flöze der verschiedenen Kohlenmulden lassen sich außerdem nicht genau parallelisieren. Immerhin ist folgendes festzustellen. Einigermaßen bauwürdig sind die Flöze nur zwischen Lech und Inn. Sie liegen in den brackischen Cyrenenschichten. Im Profil Hausham—Miesbach ist nun folgendes zu beobachten. Das sog. Großkohlenflöz ist sehr unregelmäßig entwickelt. Seine Mächtigkeit schwankt auf kurze Entfernung. Auch die Zusammensetzung des Flözes wird eine andere. Bauwürdig ist dieses Flöz nur im Südflügel der Haushamer Mulde. Schon im Muldenkern stellen sich sehr viele Stinksteine und Mergeleinlagerungen im Flöz ein. Die abbauwürdige Kohle wird nach Norden immer geringmächtiger und aschenreicher. — Das Kleinkohlenflöz ist regelmäßiger entwickelt. Bauwürdig ist es im Südflügel und im Kern der Haushamer Mulde. Im Nordflügel wird es geringmächtiger und verzahnt sich mit mergeligen Einschaltungen. — Im Flöz 16 lassen sich keine großen Unterschiede zwischen Süd- und Nordflügel nachweisen. Es schalten sich aber auch hier im Nordflügel zuweilen Mergel ein. Die höheren Flöze werden wegen ihrer geringen Mächtigkeit nicht abgebaut.

In der Miesbacher Grube wurden nur Flöze abgebaut, die in der Haushamer Mulde schon abgetragen sind. Die tieferen Flöze, die in der Haushamer Mulde bauwürdig sind, sind in der Miesbacher Mulde nur sehr kümmerlich entwickelt. Die Flözbildung verlagerte sich also in den Cyrenenschichten von Süden nach Norden. Die Sedimentmächtigkeit bleibt hingegen zwischen den Muldenflügeln und dem Muldenkern ± konstant. Ebenso läßt die petrographische Entwicklung der Flöze keine Beziehung zur Faltung erkennen. Im Profil Hausham—Miesbach handelt es sich also nicht um zwei primär angelegte Senken (entsprechend den späteren Mulden), sondern um eine große Senke, deren Zentrum langsam nach Norden wandert.

Im Profil Penzberg—Nonnenwald werden z. Zt. nur die Flöze der Nonnenwaldmulde abgebaut. Die Wanderung der Bauwürdigkeit der Flöze nach Norden läßt sich auch hier in den einzelnen Flözen nachweisen. So ist z. B. Flöz 28 (eins der jüngsten Flöze) nur im Nordflügel der Nonnenwaldmulde bauwürdig, während es auf dem Südflügel sehr geringmächtig ist.

Auch in der Grube Peißenberg, die weit im Norden liegt, sind nur die jüngsten Flöze bauwürdig, während die älteren geringmächtig bzw. aschenreich sind.

Auch in Penzberg und Peißenberg lassen sich somit keine Beziehungen der Schichtmächtigkeit zur Faltung feststellen. Die Verhältnisse sind schematisch in Abb. 7 zusammengefaßt.

II. Die Geröllführung der Molasse und ihre tektonische Bedeutung

Bekanntlich ergibt sich die alpine Herkunft der Molassegerölle aus der raschen Zunahme der Geröllgröße nach Süden in allen Profilen und Stufen. Die Gerölle sind in Schuttfächern im Norden des alpinen Orogens abgelagert.

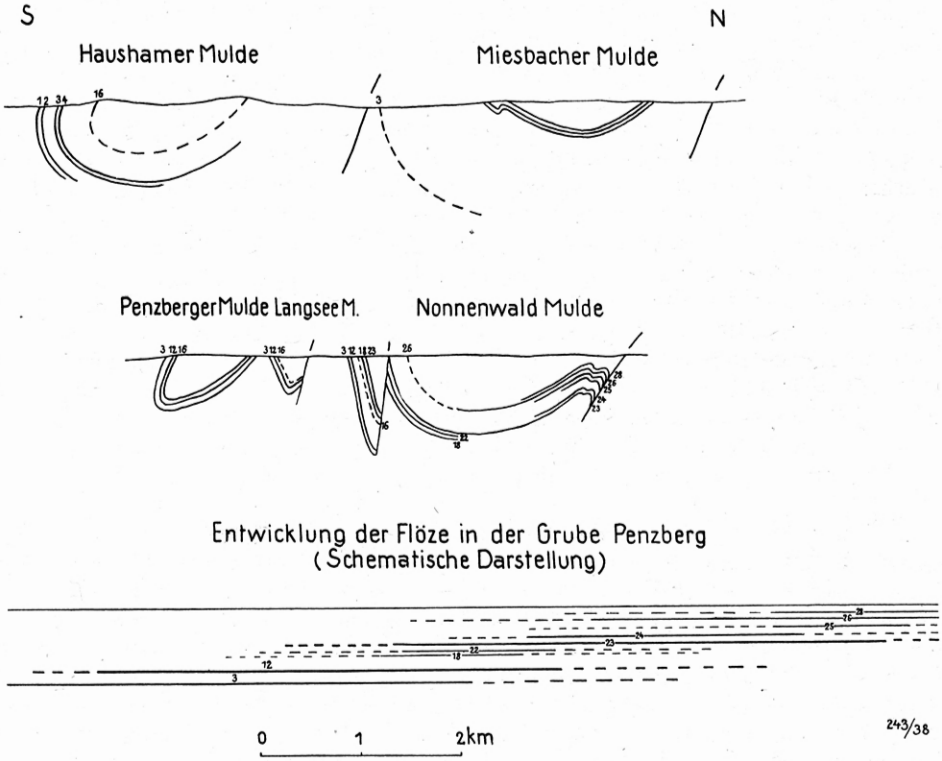


Abb. 7. Entwicklung einiger oberbayerischer Pechkohlenflöze. Ausgezogen = abbauwürdige Flöze; gestrichelt = unbauwürdige Flöze

Im Westen sind diese Schuttfächer größer und deutlicher als im Osten, wo nur die Schuttkegel der Oberen Süßwassermolasse größeres Ausmaß erreichen.

Schon bei der Beschreibung der faziellen Verhältnisse wurde betont, daß die Korngröße nach Westen immer mehr zunimmt. Das gilt auch für die Geröllgröße. Die Zusammensetzung der Gerölle ist in den einzelnen Stufen und Schuttfächern verschieden, petrographisch gleichartige Konglomerate können ungleichaltrig sein und umgekehrt.

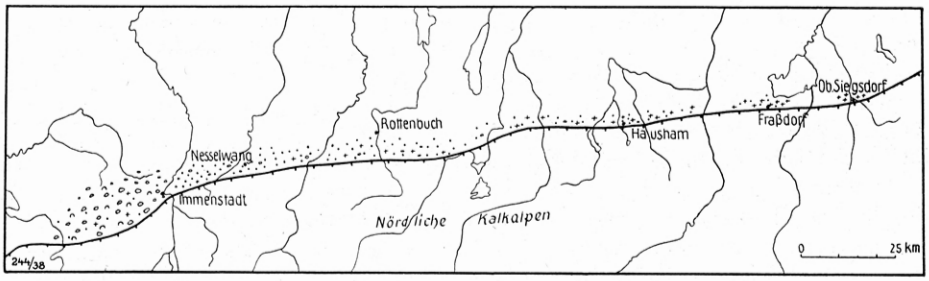
Im Rupel treten nur wenige Konglomerate auf. So ist eine Nagelfluhbank von Muheim (1934) aus der Tonmergelstufe beschrieben worden, und auch an der Wertach kommen solche vor. Im Bregenzer Wald sind die Gerölle aber zu 83% sicher ostalpiner Herkunft. Die dunklen Dolomitgerölle,

die wohl nicht aus dem oberen ostalpinen Mesozoikum herzuleiten sind, machen hier nur 17% aus. An der Wertach bestehen hingegen fast alle Gerölle aus diesen dunklen Dolomiten.

Größere Geröllmengen finden sich erst in der Bausteinzone. Aus dem Bregenzer Wald beschreibt MUHEIM Konglomerate der Bausteinzone, die zu mehr als 90% aus oberostalpinem Material aufgebaut sind, etwa 8% bestehen aus „dunklen Dolomiten". Zwischen Iller und Loisach bilden die dunklen Dolomite in der Bausteinzone die Hauptmasse der Gerölle, und nur ganz untergeordnet kommen auch weiße Quarzkiesel vor. Östlich der Loisach überwiegen ebenfalls Dolomite, jedoch werden die weißen Quarzkiesel nach Osten zu immer häufiger. Vereinzelt stellt sich auch kristallines Material ein.

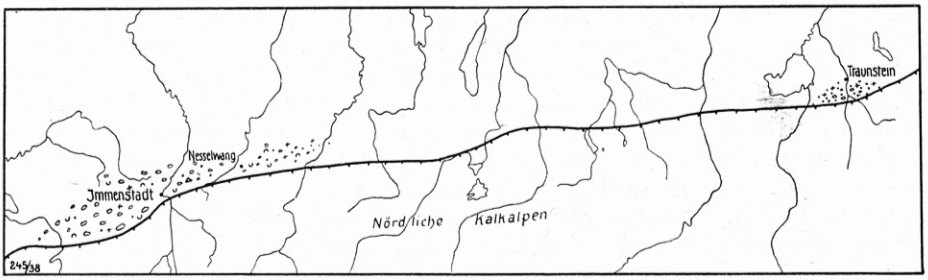
In der kattischen Stufe (Abb. 8a) bilden östlich der Iller die oberostalpinen Gerölle die Hauptmasse. Sie sind gewöhnlich sehr groß und zum Teil nur kantengerundet. In tieferen Bänken kommen auch Nummulitenkalkgerölle vor, die auch oberostalpiner Herkunft sein könnten. Ganz untergeordnet erscheint auch Kristallin. Die „dunklen Dolomite" bilden nur höchstens 10% der Gerölle. Außerdem sind sie im Vergleich mit den oberostalpinen Geröllen sehr klein und gut gerundet. Sie sind in den Nagelfluhbänken unregelmäßig verteilt. Oft fehlen sie ganz, manchmal bilden sie dünne Lagen, die bis zur Hälfte von ihnen aufgebaut werden. Im Hangenden verschwinden sie allmählich. Das oberostalpine Material in den tieferen Schichten der kattischen Stufe stammt hauptsächlich aus dem Jura. — Östlich der Iller bilden in den Nesselburgschichten und in der Unteren Bunten Molasse die dunklen Dolomite immer noch den Hauptteil der Gerölle, jedoch kommen auch schon oberostalpine Gerölle vor, wenn auch selten; so Jurakalke, Radiolarite und Hauptdolomit. BODEN (1931) erwähnt auch ein Stück von Nulliporenkalk. Kristallin findet sich nur sehr spärlich in den Geröllen. Die seltenen Alveolinen- und Nummulitenkalke dürften auch oberostalpinen Ursprungs sein, wie REISER (1922) und RICHTER (1926) gezeigt haben. — Zwischen Loisach und Inn treten nur sehr wenige Gerölle in der kattischen Stufe auf. Den Hauptteil bilden dunkle Dolomite und relativ viel Kristallin, das manchmal vorherrschend wird. Vereinzelt finden sich Gerölle aus oberostalpinem Mesozoikum.

Im Aquitan (Abb. 8b) ändert sich die Zusammensetzung der Gerölle nur wenig. Im Allgäu ist es hauptsächlich oberostalpines Mesozoikum, das die Gerölle geliefert hat. Und zwar werden Triasgerölle häufiger. Dunkle Dolomite sind selten, desgleichen Kristallin. Weiter nach Osten lassen sich die aquitanen Konglomerate nur bis zur Wertach verfolgen. Auch östlich der Iller besteht die Hauptmasse der Gerölle aus oberostalpinem Mesozoikum. Nach Osten zu werden die dunklen Dolomite immer häufiger. Im Traunprofil gehören die Konglomerate der Blauen Wand vielleicht dem Aquitan an (BODEN hat 1935 die Konglomerate ausführlich beschrieben: die dunklen Dolomite bilden der Zahl nach etwa 70% der Gerölle, nach der Masse aber kaum die Hälfte, weil sie im Vergleich mit den kalkalpinen und kristallinen Geröllen ziemlich klein sind. Das kristalline Material macht etwa 20% aus, in manchen Lagen bis zu 50%. Kalkalpines Material erreicht höchstens 10—15%). Diese Konglomerate sind vielleicht mit den Angerbergschichten des Inntales zu parallelisieren. Die letzteren sind nach SCHLOSSER (1909) aquitanen Alters. Nach der Beschreibung (die Angerbergschichten habe ich

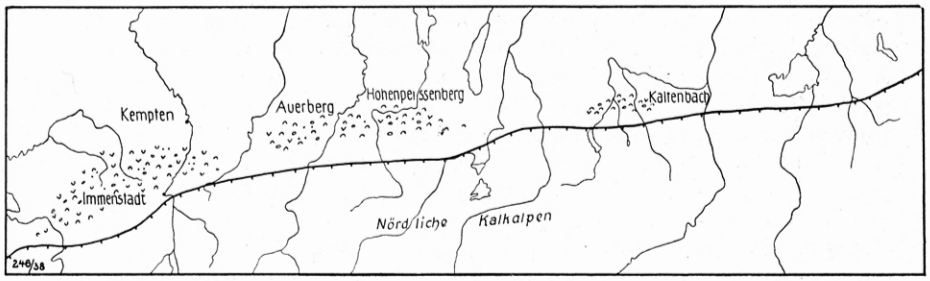


+Altkristallin •"Dunkle Dolomite" ∪Unt.Ostalpin ⊖Ober Ostalpin ∩Flysch ∨Helvetikum

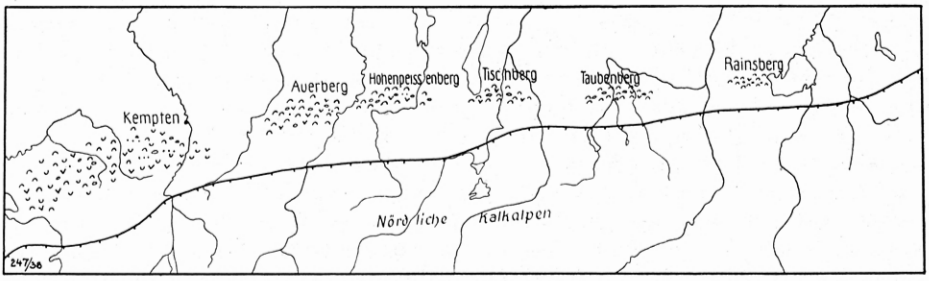
a)



b)



c)



d)

Abb. 8. Der Geröllbestand der subalpinen Molasse. a) im Katt, b) im Aquitan, c) im Burdigal, d) im jüngeren Miozän

selbst nicht beobachtet) dürften beide Vorkommen einander sehr ähneln. So bilden nach Boden (1926 und 1931) im Angerberg-Konglomerat dunkle Dolomite die Hauptmasse der Gerölle. Daneben findet sich viel Kristallin, aber nur wenige Gerölle aus dem oberostalpinen Mesozoikum.

Für alle Konglomerate des Oligozäns ist eines bezeichnend: soweit bekannt, fehlen sichere Gerölle aus dem Helvetikum. So ist es in der Schweiz (Cadisch, 1928 und 1930) und in Oberbayern (Richter, 1927). Boden erwähnt zwar Nummulitenkalkgerölle, die aus dem Helvetikum stammen sollen. Da aber sämtliche anderen widerstandsfähigen Gesteine der helvetischen Zone fehlen, liegt es nahe, diese Nummulitenkalkgerölle nicht aus der helvetischen Zone, sondern aus dem Oberostalpin abzuleiten.

Im Burdigal (Abb. 8c) herrschen im Allgäu immer noch Gerölle aus dem Oberostalpin vor. Es findet sich aber auch reichlich Flyschmaterial und vor allem sog. „Buntes Kristallin". Zum ersten Male erscheinen jetzt sichere helvetische Gesteine, so z. B. glaukonitische Sandsteine und Nummulitenkalke.

Ähnlich ist die Zusammensetzung im Torton (Abb. 8d). Die kristallinen Gesteine nehmen rasch zu, und auch helvetische Gesteine stellen sich häufiger ein. Man kann keine scharfe Grenze zwischen den burdigalen und tortonen Konglomeraten ziehen. — Östlich der Iller wird die Hauptmasse der Gerölle im Burdigal von Flyschkieselkalken aufgebaut. Die dunklen Dolomite verschwinden fast ganz. Sicheres Helvet ist vorhanden, oberostalpines Mesozoikum ist häufiger als in der oligozänen Molasse. Im Torton ändert sich das Bild nicht wesentlich. Nur die helvetischen und oberostalpinen Gerölle werden häufiger. Boden (1925) beschreibt aus der Umgebung von Auerberg Sandsteingerölle, die aus der älteren Molasse stammen könnten.

In Oberösterreich — so in dem burdigalen Schlier bei Weitwörth und in den zahlreichen Bohrungen bei Bad Hall — ist die Geröllzusammensetzung anders: es sind Quarze, dunkle Dolomite und schwarze Kiesel, welch letztere aus dem Kieselkalkflysch abzuleiten sein dürften. Dagegen wurden keine kalkalpinen oder helvetischen Gerölle beobachtet. Diese Tatsache, sowie die gute Abrundung und Kleinheit der Gerölle zeigen, daß das Südufer bzw. der Nordrand des Abtragungsgebietes offenbar noch sehr weit im Süden lagen.

Für die Auswertung des Geröllbestandes ist ein Vergleich mit der Schweiz notwendig. Nach Cadisch (1930) haben wir in der kattischen Molasse vorwiegend oberostalpines Material. Im Aquitan werden Kristallin und Flysch häufiger, im Burdigal ist schon Unterostalpin nachzuweisen. Am Thuner See wird unterostalpiner Schutt bereits am Ende des Rupels abgelagert. Später hat auch das Penninikum Gerölle geliefert.

Ampferer (1923, 1924, 1925) hat die Schotterablagerung im Alpenvorland folgendermaßen erklärt. Ganz allgemein werden die Schotterablagerungen mit der Entfernung vom Gebirge immer jünger. Während der Überschiebung des Gebirges kann das Gebirge seinen eigenen Schotter überfahren, und darum finden wir am Rande von solchen Gebirgen jüngere Schotter. — Auf diese Weise versucht Ampferer die Unterschiede zwischen dem Schutt des Flysches, der Molasse und des Diluviums zu erklären. Zwischen jedem dieser Komplexe möchte Ampferer eine große Überschiebung annehmen, die die älteren Schotter unter sich begraben hat. Das Gebirge

also, das für die Molasse den Schutt geliefert hat, liegt tief unter den heutigen Alpen begraben. Auf Grund der Unterschiede in der Geröllzusammensetzung zwischen Molasse und Diluvium will AMPFERER den Aufschub der Alpen als fertiges Hochgebirge knapp vor das Altdiluvium verlegen.

BODEN (1925) hebt die Unterschiede des oligozänen und miozänen Schuttes hervor. Er meint, daß eine jetzt durch die Alpen überfahrene Schwelle das Material für die ältere Molasse geliefert habe. Im Miozän kommen hauptsächlich Flyschgerölle zur Ablagerung. Die Schwelle war also im wesentlichen zugeschüttet. Oberostalpin kommt nur vereinzelt vor, und weil es erst nach dem Miozän massenhaft vorkommt, zieht BODEN die Folgerung, daß die große kalkalpine Überschiebung erst nach dem Miozän stattgefunden hat.

BODEN und LEBLING (1925 u. 1928) haben festgestellt, daß die Angerbergschichten im Unterinntal dieselbe Geröllzusammensetzung haben, wie etwa die kattische Geröllmolasse Oberbayerns. Nun war BODEN gezwungen, auch für dieses Vorkommen eine Schüttung von einer Barre, die in diesem Falle aber im Norden lag,

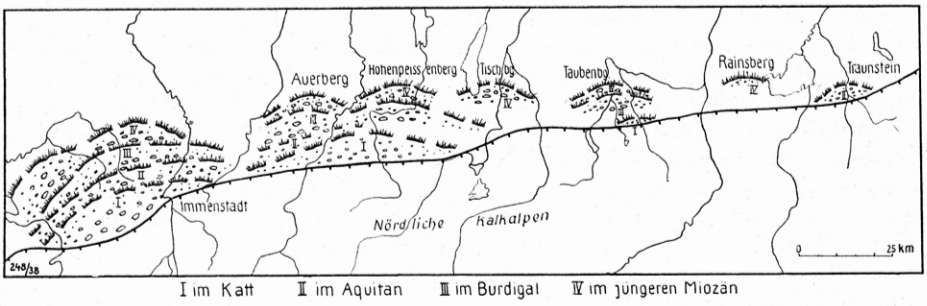


Abb. 9.
Die Verlagerung der subalpinen Schuttfächer im Laufe des Tertiärs

anzunehmen. AMPFERER (1922) und WINKLER (1928) sind aber der Meinung, daß der Schutt in diesen Schichten nicht von Norden stammen könne. WINKLER hat vielmehr die Hypothese vertreten, daß das gesamte Material von Süden, aus der Grauwackenzone komme. Diese Deutung hat OHNESORGE bestätigt. Er fand, daß sämtliche Gesteine, die in den Angerbergschichten als Gerölle vorkommen, in der Grauwackenzone zu Hause sind. Das gilt auch für die „dunklen Dolomite", deren Anstehendes besonders im Gebiete der Hohen Salve nachzuweisen ist. Das hat auch BODEN bestätigt. Darum sehe ich keinen Grund, eine Schwelle, die von den Alpen überfahren wurde, anzunehmen.

Gegen die Deutung von AMPFERER spricht die Tatsache, daß wir im Westen keine scharfen zeitlich bedingten Gegensätze im Geröllbestand haben.

WINKLER (1926, 1928) meint, daß es einfacher wäre, anzunehmen, daß die Molasse auf den Alpen zur Ablagerung kam. So auch LEBLING im Jahre 1925.

Die Entwicklung des Molassetroges läßt sich auf Grund der Geröllanalyse folgendermaßen vorstellen (Abb. 9 und 10). Im Rupel war die Zone des Flysches und der Kalkalpen nicht Denudations- sondern Sedimentationsgebiet. Denn eine Randfazies der Tonmergelstufe kann erst weit südlich des heutigen Alpenrandes gesucht werden.

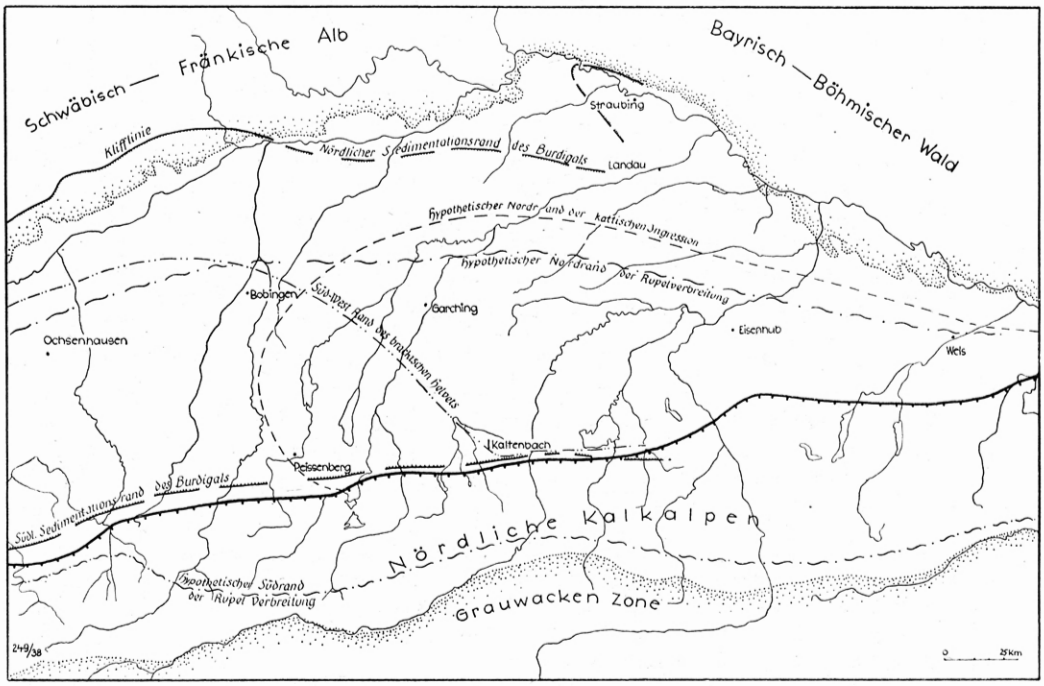


Abb. 10.
Die Verlagerung der subalpinen Sedimentationsräume im Tertiär

Am Ende der Rupelzeit stoßen die ersten Schuttkegel bis an den heutigen Alpenrand von Süden vor (Abb. 11). Sämtliche Gerölle dürften aus der Grauwackenzone stammen. Freilich sind die dunklen Dolomite in der Grauwackenzone heute nicht mehr sehr verbreitet. Es muß also angenommen werden, daß sie seit dem Rupel abgetragen wurden. Außer Dolomiten finden wir in den mitteloligozänen Konglomeraten kristalline Gerölle, die aber nicht aus den Zentralalpen kommen können (das zentralalpine Kristallin schüttete erst viel später, und zwar im Burdigal seinen Detritus in den Molassetrog). Es kommen auch einige wenige Gerölle vor, die sicher aus dem oberostalpinen Mesozoikum stammen. Das oberostalpine Mesozoikum war also wenigstens teilweise der Erosion zugänglich. Das oberostalpine Material nimmt nach Westen bis zur Iller langsam zu, das Kristallin ab. Im Allgäu herrscht das oberostalpine Mesozoikum seit dem Rupel unter den Geröllen vor. Die dunklen Dolomite treten stark zurück. Offenbar war die sedimentliefernde Küste im Allgäu nicht sehr weit von dem jetzigen Rand der Molasse entfernt. Dafür spricht auch, daß die Gerölle im Allgäu und in der Ostschweiz recht groß und zum Teil nur kantengerundet sind. Sie sind offenbar der Schutt der kalkalpinen Decken, die früher wesentlich weiter nach Norden gereicht haben müssen als heute.

Während im Mitteloligozän im allgemeinen nur die höchsten tektonischen Einheiten der Alpen denudiert wurden, waren später auch tiefere Einheiten

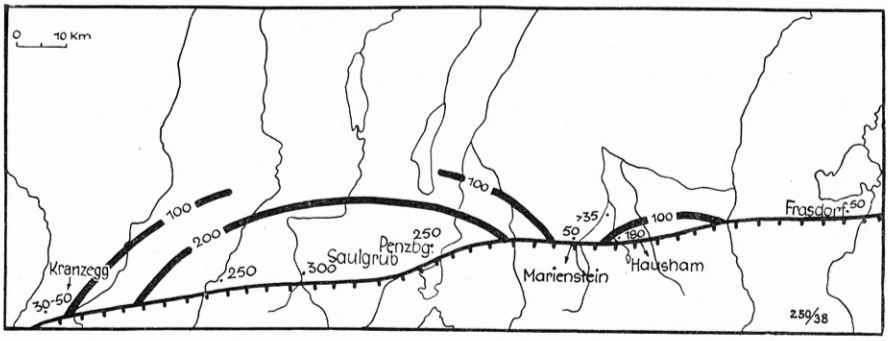


Abb. 11. Die Mächtigkeit der Bausteinzone am Alpenrand

der Erosion zugänglich: Flysch, Unterostalpin und endlich im Torton auch das Penninikum. Und zwar hat am Thuner See das Unterostalpin schon im Rupel Gerölle geliefert, in der Ostschweiz und im Allgäu dagegen erst im Burdigal bzw. Torton.

Östlich der Iller sind im Allgäu die kattischen Konglomerate der Nesselburgschichten noch vorwiegend aus dunklen Dolomiten aufgebaut. Die aquitane Nagelfluh des Rottachberges besteht schon überwiegend aus oberostalpinem Mesozoikum. Weiter im Osten bleiben die dunklen Dolomite das Hauptelement in den kattischen Konglomeraten.

Im Burdigal verlagerte sich die schuttliefernde Küste nach Norden. In Oberbayern gelangten hauptsächlich Flyschgerölle zur Ablagerung, daneben auch vereinzelt oberostalpines Mesozoikum. Vielleicht waren die Kalkalpen zu dieser Zeit noch weithin von kretazischen Ablagerungen bedeckt. Erst nach dem Miozän finden sich massenhaft kalkalpine Gerölle.

Östlich der Ammer lag der Südrand des Molassetroges im Burdigal wohl ungefähr am Fuße der jetzigen Alpen. Denn zum ersten Male sind schon sichere helvetische Gerölle nachzuweisen. Westlich der Ammer war die ältere Molasse zum Teil der Erosion zugänglich, wie sich aus folgendem ergibt.

Der heutige Südrand der Molasse war in der Schweiz und auch im Allgäu schon ein Denudationsgebiet, bevor die Molasse gefaltet worden war. Das hat Arn. Heim (1906, 1928 und 1932) nachgewiesen, und auch Baumberger (1931) und Buxtorf (1936) bestätigt. Ferner finden sich in der jüngeren Molasse im Allgäu noch gelegentlich dünne Lagen von dolomitischer Nagelfluh (Spiesecknagelfluh von Kraus). Die Gerölle sind klein, aber in manchen Lagen sehr häufig. Diese Tatsache hat Müller veranlaßt, ein Abtragungsgebiet im Norden anzunehmen. Jedoch könnten die dunklen Dolomite auch aus den älteren Schichten der Molasse umgelagert sein.

Die postmiozäne Faltung beendigte die Ablagerung der Molasseschotter. Die subalpinen Falten wurden in den Abtragungsbereich einbezogen. Wenn pliozäne Schotter abgelagert wurden, so konnte dies nur weiter im Norden geschehen.

Die alpinen Schuttfächer keilen in der Molasse nach Norden sehr schnell aus. So gehen im Allgäu die mächtigen groben Gerölle der Weißachschichten in einer Entfernung von 5—7 km in Sandsteine und Mergel über (vgl. Abb. 4). Ähnlich ist es bei den Nagelfluhbänken der Steigbachschichten und des Aquitans. Auch das Aquitan ist nur im südlichen Teil konglomeratisch, im Norden dagegen sandig-tonig (sog. „Blättermolasse"), wenn sich auch noch einige wenige, geringmächtige Konglomeratbänke eingeschaltet finden. Die groben Konglomerate der Oberen Bunten Molasse sind im Ammerprofil nur noch im Südflügel der Rottenbucher Mulde vorhanden. Im Norden fehlen sie fast ganz.

Gelegentlich ist die Feststellung möglich, daß die Schuttfächer nach Norden wandern. So reichen die Konglomerate der Steigbachschichten viel weiter nach Norden als die der Weißachschichten, obwohl diese viel gröber sind. Die Wanderung der Schuttfächer ist aus der Tabelle ersichtlich und in Abb. 9 angedeutet, soweit die Beobachtungen es erlaubten.

	Ost-Schweiz	Zwischen Rhein u. Iller	Zwischen Iller u. Loisach	Zwischen Loisach u. Inn	Östlich vom Inn
Jüngeres Miozän	Penninikum und Helvetikum	sehr viel unterostalpines Kristallin u. Mesozoikum Helvetikum	Überwiegend Flysch, Ob. Ostalpines Mesozoikum u. Helvetikum	Überwiegend Flysch, Ob. ostalpines Mesozoikum u. Helvetikum	Überwiegend Flysch
Burdigal	Unterostalpines Kristallin u Mesozoikum, Penninikum, Helvetikum	Viel Kristallin (aus dem Flysch u Unterostalpin), Flysch u untergeordnet Helvetikum	Überwiegend Flysch u. Ob. Ostalpines Mesozoikum, untergeordnet Helvetikum	Überwiegend Flysch, untergeordnet Helvetikum u. Ob. Ostalpines Mesozoikum	Gerölle des Burdigals nicht vorhanden
Aquitan	vorwiegend unterostalpines Kristallin und Mesozoikum	Überwiegend Ob Ostalpine Trias - wenig Kristallin - fast keine Dunklen Dolomite	Im westl. Teil überwiegend Ostalpines Mesozoikum, untergeordnet Dunkle Dolomite	Gerölle des Aquitans nicht vorhanden	Dunkle Dolomite Alt-Kristallin, Ob. Ostalpines Mesozoikum (Blaue Wand)
Katt	vorwiegend Ob. Ostalpines Mesozoikum, Flysch, z T Unterostalpines Kristallin u Mesozoikum	Überwiegend Ob Ostalpines Mesozoikum, untergeordnet Dunkle Dolomite u. Kristallin	Überwiegend „Dunkle Dolomite", ganz untergeordnet Ob. Ostalpines Mesozoikum	fast ausschließlich „Dunkle Dolomite" u Altkristallin	fast ausschließlich Alt-Kristallin u. Dunkle Dolomite
Rupel	vorwiegend Ob. Ostalpines Mesozoikum, Flysch	Überwiegend „Dunkle Dolomite u Jura des Ob Ostalpins	fast ausschließlich Dunkle Dolomite	fast ausschließlich Dunkle Dolomite u Alt-Kristallin	fast ausschließlich „Alt-Kristallin", weniger Dunkle Dolomite

255/58

Der Geröllbestand der subalpinen Molasse

Ich möchte noch auf die Bedeutung der Gerölle, die für die Datierung der alpinen Bewegungen wichtig sein können, kurz eingehen. In der Schweiz und im Allgäu kann man mit Sicherheit sagen, daß der oberostalpine Deckenschub vor dem Mitteloligozän stattgefunden hat, da man in dieser Stufe kalkalpine Gerölle in großen Mengen findet. Es liegt auch kein Grund vor, anzunehmen, daß der Deckenschub in Oberbayern später erfolgt sei; finden sich doch auch schon in den kattischen Konglomeraten Oberbayern's kalkalpine Gerölle. Stärkere Bewegungen haben in den Alpen vielleicht auch

zwischen Aquitan und Burdigal stattgefunden: im Burdigal erscheinen erstmalig Flysch- und Helvetgerölle. Ob es aber eine einfache Hebung oder Faltung war, läßt sich auf Grund der Geröllanalyse nicht mit Sicherheit sagen. Das axiale Abtauchen der nördlichen Alpen nach Osten spiegelt sich somit auch in der Geröllschüttung wieder. In der Ostschweiz erscheinen im Jungmiozän massenhaft penninische Gerölle, in Oberbayern hingegen wird erst seit dem Torton vorwiegend kalkalpines Material abgelagert.

D. Das Alter der Molasse-Faltung

In der oligozänen und miozänen Molasse ist bislang in Oberbayern keine große Diskordanz nachgewiesen worden. Dabei ist zu betonen, daß im Allgäu noch teilweise das marine Miozän in den Muldenkernen erhalten ist. Dort zeigt sich, wie z. B. in der Hauchenberg-Sulzberg-Mulde, daß das Miozän konkordant mitgefaltet ist. Weiter im Osten ist allerdings im Bereich der oberbayerischen Molassemulden kein Miozän erhalten. Das Miozän erscheint dort erst nördlich der großen Randstörung, d. h. in einem Gebiet, wo nirgends das Oligozän zutage tritt. Das Miozän ist gestört; die Schichten stehen steil und sind teilweise sogar überkippt. Östlich vom Inn dürfte die Randstörung verklingen und dort ist wieder das konkordante Auflager des Untermiozäns auf dem Oligozän zu beobachten, wie z. B. im Traunprofil. Auch das jüngste Miozän ist an der nördlichen Randstörung noch tektonisch beansprucht und in die Faltung einbezogen.

In dem Profil bei Bad Hall in Oberösterreich ist eine Winkeldiskordanz zwischen Oligozän und Miozän nicht ausgeschlossen. Die oligozänen Schichten, die dicht am Flyschrande zutage treten, fallen steil überkippt nach Süden ein, die miozänen dagegen etwas weiter nördlich schwach nach Norden (Abb. 12).

Im Norden (in der Gegend von Eferding) ist wenigstens eine Erosionsdiskordanz zwischen Oligozän und Miozän zu beobachten. Es handelt sich offenbar um eine Faltung, die im Osten (Karpaten) sehr stark war und die gegen Westen langsam verklingt.

In der Umgebung von Ravensburg wird das jüngste Miozän (Sarmat) von Mergeln vertreten. Sie entsprechen nach Bräuhäuser den Göhrenbergmergeln am Bodensee. Diese liegen konkordant auf den älteren Schichten einschließlich Oligozän. Man darf also annehmen, daß die Molassefaltung postsarmatisch ist.

Für die Altersgrenze nach oben ist eine Beobachtung von Götzinger (1936) wichtig. Er beschreibt eine Diskordanz nördlich von Salzburg am Wachtberg zwischen aufgerichteten Schlier (bis 80° nach Norden), der von pontischen Schottern diskordant überlagert wird. Andererseits sind diese aber noch bis zu 30° aufgerichtet. Die eigentliche Molassefaltung erweist sich hier somit als präpontisch. Damit dürfte die Faltung der Molasse in der attischen Phase Stille's erfolgt sein, wenn auch schwächere epirogene Aufwölbungen am Südrand der Molasse bereits früher stattgefunden haben (so hat z. B. Gerber [1925, 1928, 1932, 1933] in der Schweiz die Bewegungsphasen auf Grund der Nagelfluhbänke bzw. Muschelsandsteinbänke in den jüngeren Tertiärschichten festzustellen versucht).

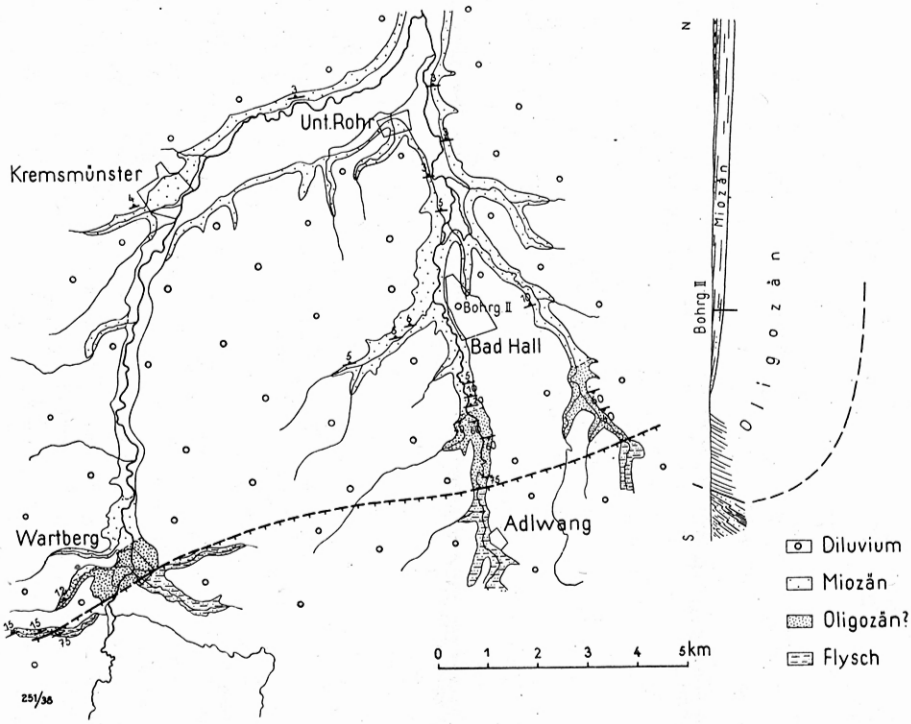


Abb. 12.
Karte und Profil des Südrandes der Molassezone bei Bad Hall

Ergebnis

Der Südrand des Molassetroges wandert ruckweise nach Norden, wie die Verlagerung der Schuttfächer zeigt. Wir können drei Stadien in dieser Bewegung unterscheiden, innerhalb deren die Geröllzusammensetzung sich nur wenig ändert:

1. vom Rupel bis zum Aquitan,
2. vom Burdigal bis zum Sarmat,
3. vom Pont bis heute.

Auch die oberbayerischen Pechkohlenflöze lassen eine Verlagerung des Trogtiefsten erkennen. Das Ausmaß der Wanderung ist schwer genauer festzustellen. Es scheint, daß die Wanderung im Westen stärker war. Auf der Linie Immenstadt—Ulm ist das Beckentiefste im Helvet schon bis an den Fuß der Schwäbischen Alb verschoben. Östlich vom Inn machte dagegen die Trogverlagerung kaum Fortschritte.

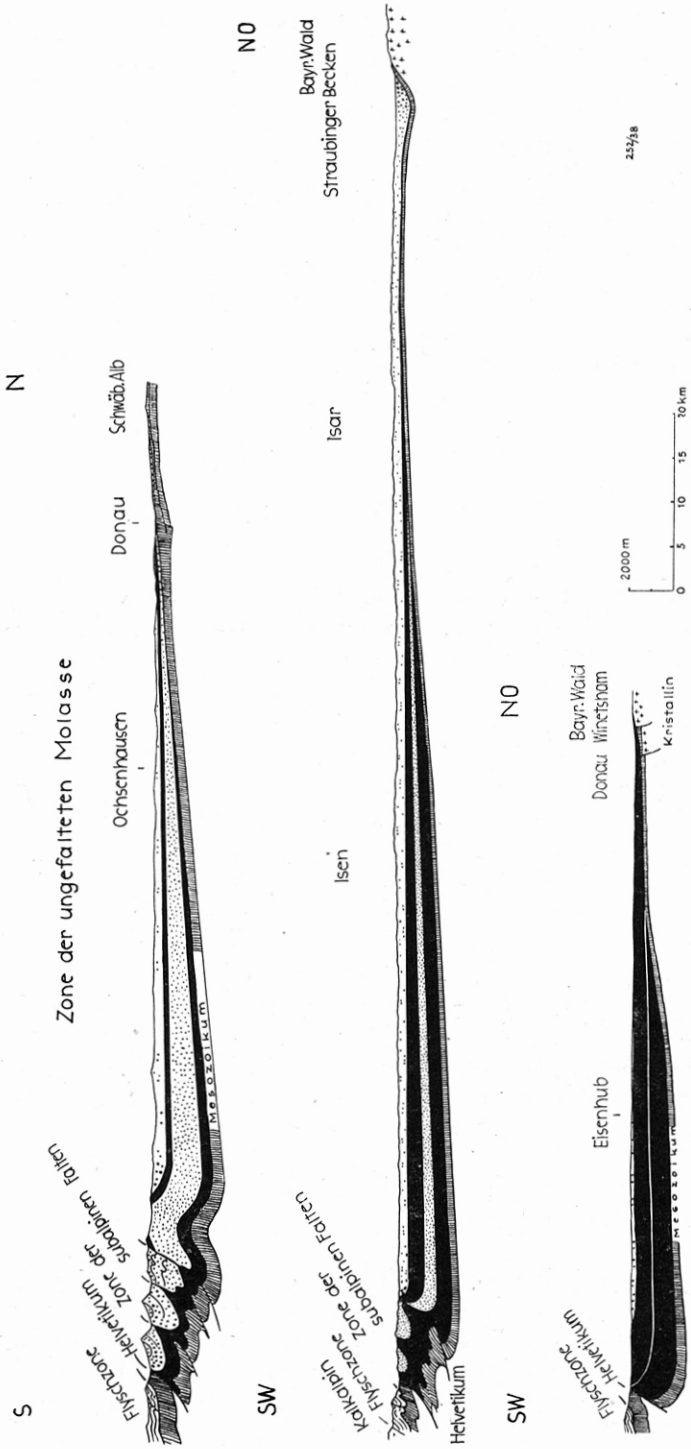


Abb. 13. Querprofile durch die gesamte bayerische Molassezone. Weit punktiert = Obere Süßwassermolasse, eng punktiert = Untere Süßwassermolasse, schwarz = Obere bzw. Untere Meeresmolasse

E. Art und Ausmaß der Molasse-Faltung

Die Molasse ist nur am Rande der Alpen stärker gefaltet. Die Tektonik der gefalteten subalpinen Molasse in Oberbayern ist durch Arbeiten von WEITHOFER (1902, 1912 u. a.), KRAUS (1927, 1929 u. a.), RICHTER (1924 u. a.), MÜLLER (1930) im wesentlichen geklärt. Auch in der Schweiz ist der Bau der subalpinen Molasse, vor allem dank den Arbeiten von BAUMBERGER, enträtselt worden. Die verschiedenen tektonischen Einheiten in der Schweiz und in Oberbayern können auch bereits einigermaßen parallelisiert werden (vgl. Taf. 1 und Abb. 13).

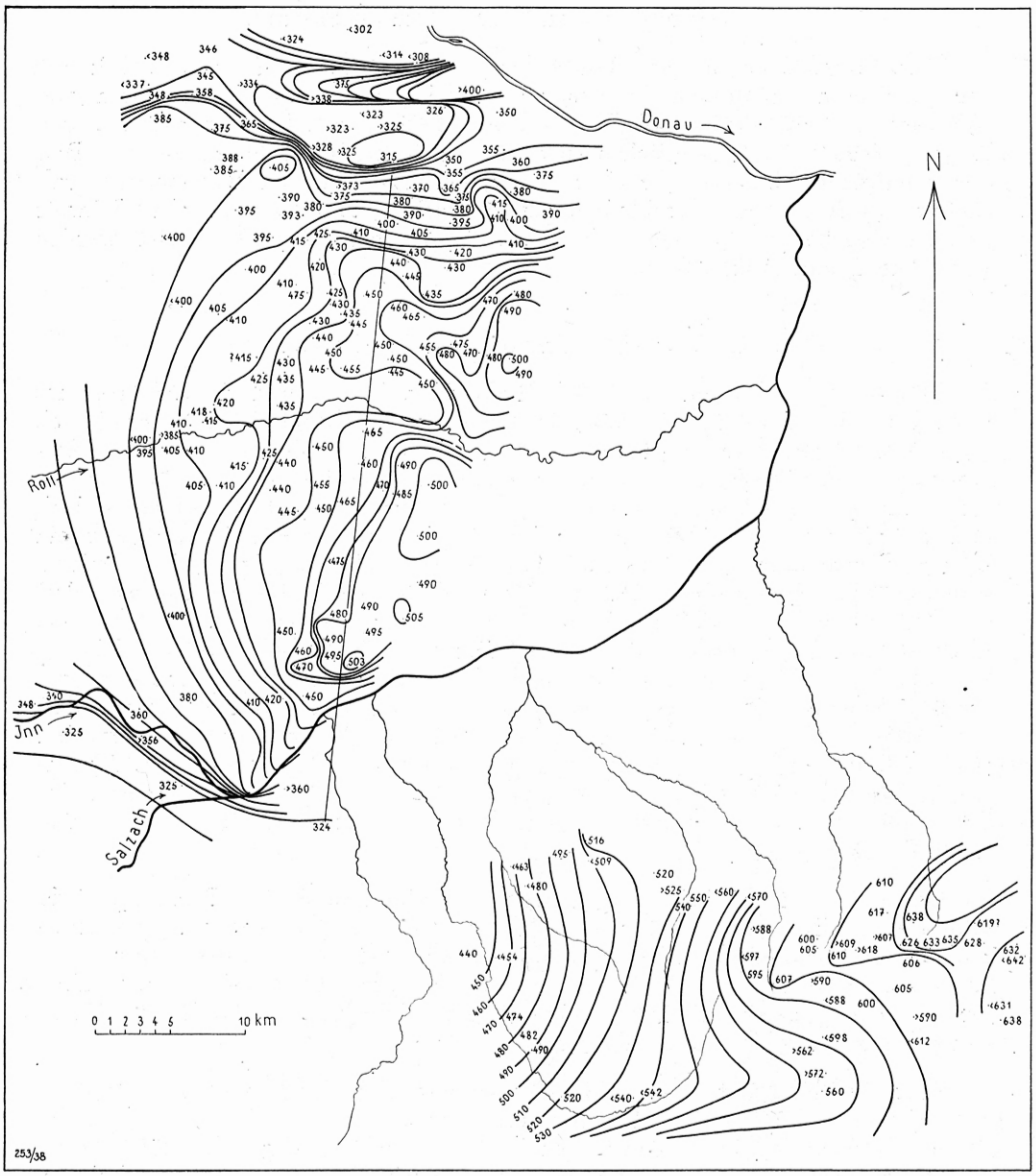
I. Der Südrand der Molasse

Die Grenze zwischen dem Helvetikum bzw. Flysch und der Molasse ist sowohl in der Schweiz wie auch in Oberbayern tektonisch. Die Frage, ob diese tektonische Grenze eine mehr oder weniger steile Aufschiebung darstellt oder eine großartige flache Überschiebungsbahn, war lange umstritten. Man konnte jedoch bislang an keiner Stelle nachweisen, daß die Molasse flach und weithin von den Alpen überfahren sei. E. KRAUS (1931) hat zwar ein kleines Vorkommen von Nagelfluh bei Obermaiselstein als Molassefenster gedeutet, aber ein größerer Schurf (1935) an dieser Stelle hat ergeben, daß es sich um einen diluvialen Findling handelt. Das Gestein selbst dürfte aus einem Flyschkonglomerat stammen. — Die Hypothese der großen Molasseüberschiebung stützt sich auf folgende Beobachtungen. Die Zone der gefalteten Molasse wird nach Osten schmäler. Das erklärte man damit, daß die Molassemulden in gewissen Zonen durch die Alpen überfahren worden seien. M. RICHTER (1924) sucht das Muttergestein für das Erdöl von Tegernsee in der Unteren Meeresmolasse. Wenn das Erdöl heute sich einige Kilometer südlich des Alpenrandes findet, so deutet das nach RICHTER auf eine große Überschiebung.

Dagegen spricht, daß fast überall am Alpenrande die Tonmergelstufe zutage tritt. Bei einer großartigen Überfahrung ist eine solche Regelmäßigkeit schwer verständlich. Nur an wenigen Stellen ist die Tonmergelstufe überfahren worden, wie im Allgäu und in der Schweiz. Überfahren wurde aber nur die Tonmergelstufe, niemals eine jüngere Schicht, also dürfte die Überschiebungsweite kaum mehr als 1 km betragen.

Dort, wo der Kontakt zwischen Flysch bzw. Helvetikum und der Molasse aufgeschlossen ist, wie im Marienstollen, erweist er sich als ziemlich steile Fläche. Auch die Kleintektonik in den Mergeln der Tonmergelstufe läßt flache Bewegungsbahnen vermissen. Analog sind auch die Überschiebungsbahnen zwischen den Mulden bzw. die große Überschiebung zwischen Oligozän und Miozän recht steil.

Der jetzige Rand der Alpen verdankt sein Aussehen erst nachpliozänen posthumen Bewegungen. Dies läßt sich in Oberösterreich nachweisen, wo die pliozänen Schotter am Alpenrande noch bis zu 30° aufgerichtet sind. Auch aus den Streichkurven der Pliozänbasis lassen sich erhebliche spätere Bewegungen nachweisen, wie die Verbiegungen der Basis der pliozänen Schotter im oberbayerischen und im oberösterreichischen Innviertel zeigen (Abb. 14).



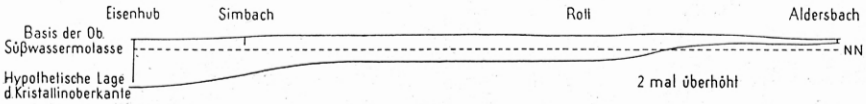


Abb. 14. Die Höhenlage der Pliozänschotter-Basis im oberbayerischen und oberösterreichischen Innviertel. Das darunter dargestellte Profil zeigt das geringe Ausmaß der nachpliozänen Bewegungen

Die Molasse ist im Westen stärker gefaltet als im Osten. Wenn also selbst im Westen die Molasse nur wenig überschoben ist, so dürfte im Osten kaum eine große Überschiebung zu erwarten sein. Das Auskeilen der Molassemulden nach Osten ist nicht die Folge einer großen Überschiebung sondern des axialen Auftauchens, modifiziert durch Blattverschiebungen, wie Hahn (1914) und Troll (1926) für das Gebiet vom Kochelsee gezeigt haben. Andererseits ist auch die Annahme, daß die gefaltete Molasse noch auf den Alpen gelegen habe, so wie es Lebling (1925) dargestellt hat, nicht notwendig. Richter (1931) hat mit Recht betont, daß die Flyschzone in dem Gebiet dann doch einen muldenartigen Bau zeigen müßte. Das ist aber nicht der Fall. — Ich möchte vielmehr annehmen, daß die Molasse zur Zeit ihrer Faltung bereits auf den Alpen abgetragen war und daß die Faltung somit schon westlich des Kochelsees einen breiten Molassestreifen erfaßte, östlich dagegen nur einen schmalen. Das Auskeilen der Murnauer Mulde wäre dann durch einen bereits bestehenden Vorsprung des Gebirgskörpers bedingt. Auf dem Gebirge selbst ist wahrscheinlich die Molasse nur noch unerheblich gestört worden.

II. Der Faltenbau der subalpinen Zone

Die subalpine Molasse ist in mehrere langgestreckte, relativ einfach gebaute Mulden gegliedert. Die Mulden sind voneinander durch Störungen getrennt. Eigentliche Sättel scheinen zu fehlen.

Wenn man die Profile von der Schweiz, vom Allgäu und von Oberbayern miteinander vergleicht, so fällt auf, daß im Allgäu die Tektonik viel intensiver ist als im Osten. Im Allgäu sind die Schichten mehrfach verschuppt, im Ammerprofil finden sich drei große einfache Mulden und im Haushamer Profil nur zwei. Östlich des Inn ist nur noch eine steile Flexur zu beobachten (Abb. 13).

Dabei scheint allerdings nicht nur die tektonische Intensität, sondern auch das Material selbst und die Mächtigkeit der Molasseschichten eine Rolle zu spielen. Dort, wo große Schuttfächer vorliegen (d. h. mächtige, starre Nagelfluhbänke), sind Schuppen entstanden. So z. B. am Rigi und im Allgäu. So geht auch z. B. die Murnauer Mulde im Allgäu in eine bzw. zwei Schuppen über, die sich erst weiter im Westen an der Bregenzer Ach, wo die Nagelfluhbänke wieder seltener und geringmächtiger werden, zu einer Mulde vereinigen.

In der Zone, in der drei Mulden ausgebildet sind, gibt es immerhin noch viel grobklastisches Material. Erst wo die Bunte Molasse auskeilt, endigt auch die Murnauer Mulde. Die Störung zwischen Haushamer und Miesbacher Mulde ist relativ unbedeutend. Die nördliche Randstörung ist nur bis zum Inn nachweisbar, d. h. solange wie an der Basis des marinen Miozäns grobe Konglomerate auftreten.

Aus den Querprofilen durch die subalpine Zone (Abb. 13) geht hervor, daß die Faltung nach Norden ausklingt. E. Kraus (1926) nimmt im Allgäu eine mitten im Molassetrog aufragende Schwelle an, an der sich die Molassefalten gestaut haben. Weithofer (1934) vermutet für Oberbayern ähnliche Verhältnisse. Die Schwelle soll nach ihm nördlich der großen Randstörung liegen. Sie bedingt nach Weithofer den Gegensatz zwischen der gefalteten und ungefalteten Molasse, jedoch fehlen weitere Anhaltspunkte für diese

hypothetischen Schwellen, und es kann sehr wohl sein, daß die Faltung nach Norden verklingt. Allerdings sollte man dann schwache Vorfalten erwarten. Abgesehen von geringfügigen Verbiegungen der quartären Deckenschotter sind im Jungmiozän und Quartär keine derartigen Aufwölbungen nachweisbar.

III. Die Tektonik des Schliers

Man hat lange geglaubt, daß der Schlier ganz flach liege. Hugo v. Böckh hat aber nachgewiesen, daß der Schlier Oberösterreichs weitspannige Verbiegungen aufweist. Heute liegen schon mehrere Arbeiten vor, die die Faltung des Schliers in Oberösterreich im einzelnen erkennen lassen. Es handelt sich um Bruchtektonik am Rande der Böhmischen Masse und um ganz flache Kuppeln in der Mitte des Beckens. Bei Taufkirchen konnte W. Petrascheck (1924) deutliche Mulden und Sättel nachweisen.

In den Bohrungen Julbach (Reis) und Eisenhub (Götzinger) wurde stärkeres Einfallen der Schichten beobachtet. Die Bohrkerne ließen ein besonders starkes Einfallen der oligozänen Schichten in der Tiefe erkennen. Reis hat diese Erscheinung als synorogene Sedimentation gedeutet. Ein unregelmäßiges Fallen der Schichten führte Götzinger zu der Annahme, daß in der Tiefe Salzstöcke vorhanden wären, die ausgelaugt wurden und das unregelmäßige Einfallen der umliegenden Schichten bedingten. — Diese Annahme primären Salzvorkommens in den oligozänen Schichten ist jedoch durch nichts bewiesen. Wahrscheinlich handelt es sich um gestörtes Oligozän unter dem übergreifenden Miozän.

Zusammenfassung

Zur Gliederung der Molasse

Die „Untere Meeresmolasse" ist nur teilweise ein stratigraphischer Horizont (Rupel). Im Chiemgau z. B. ist auch das höhere Oligozän in einer Fazies entwickelt, die der Unteren Meeresmolasse ähnelt. So stellen auch die Promberger Schichten nur einen kattischen Ausläufer der „Unteren Meeresmolasse" nach Westen dar (die marinen Promberger Schichten dürften im Westen den festländischen Zaumbergschichten und Steigbachschichten entsprechen).

Aquitan könnte östlich der Wertach durch die Obere Bunte Molasse bzw. die oberen Cyrenenschichten vertreten werden. Die Annahme, daß es fehle, ist jedenfalls nicht unbedingt notwendig.

Das Burdigal ist als Obere Meeresmolasse entwickelt, der auch der Schlier im engeren Sinne zuzurechnen ist. Die Obere Meeresmolasse umfaßt aber westlich von Bern in der Schweiz noch Helvet und zum Teil auch Torton.

Zur Paläogeographie des Molassebeckens

Die subalpine Senke stand mit der subkarpatischen in Verbindung. Die Transgression der Promberger Schichten wie der Oncophorasande kommt von Osten. Nach dem Burdigal erfolgte eine Regression des Meeres nach Osten und Westen. Die „Wasserscheide" scheint der Bereich des Allgäuer Schuttfächers und das Gebiet nördlich davon bis zur Donau zu sein.

Das Material für den Aufbau der Molasse haben fast ausschließlich die Alpen geliefert, höchstens die Glassande könnten von Norden gekommen sein, wie ANDRÉE (1936) gezeigt hat. Auch die Linzer Sande des Oligozäns werden nach Norden mächtiger. Der Einfluß der Böhmischen Masse wird im höheren Miozän und nur im nördlichen Teile des Beckens deutlicher.

Zur Entstehung des Molassetroges

Der Molassetrog entstand nach der posteozänen Faltung, in der die helvetische Zone vom Flysch und Kalkalpin überfahren wurde. Für die Entwicklung dieser Vortiefe, ihre Sedimentation und Auffaltung war entscheidend, daß der Zusammenschub und die Hebungstendenz der Alpen westlich der Iller größer war als östlich der Iller. Die Senkung der Vortiefe war proportional der Hebung der Alpen. Darum war auch die Vortiefe im Westen tiefer und breiter, die Sedimentation lebhafter und das sedimentierte Material gröber, und dort, wo die Sedimentation am stärksten war, war auch die Faltung der Molasse am intensivsten.

Die Verlagerung der Vortiefe

Im Oligozän und Miozän verschiebt sich die Grenze zwischen Abtragungs- und Ablagerungsgebiet immer mehr nach Norden, wie die Wanderung der Schuttkegel zeigt. Auch das Maximum der Kohlebildung scheint nach Norden zu wandern. Die Wanderung war ungleichmäßig; denn im Laufe des Oligozäns verlagert sich die Vortiefe nur unmerklich nach Norden. Erst zwischen Aquitan und Burdigal erfolgte eine beträchtliche Verschiebung, vielleicht bedingt durch stärkere Bewegungen in den Alpen. Im Miozän scheint die Konstanz der Geröllzusammensetzung darauf hinzuweisen, daß der Südrand des Molassetroges ± derselbe blieb. Nach der postmiozänen-präpontischen Faltung der Molasse verkümmert die Senkungstendenz des Molassetroges. Offenbar hat die letzte alpine Faltung die Alpen mit dem Vorlande verschweißt.

Der Bau der subalpinen Molassezone

Die Intensität der tektonischen Bewegungen nimmt von Osten nach Westen zu. Im Osten findet sich nur eine einfache Flexur, im Westen dagegen ein stärkerer Schuppenbau. Es ist nicht nötig, eine großartige Überfahrung der Molasse durch die Alpen anzunehmen, um in gewissen Zonen das Verschwinden der Molassemulden zu erklären. Auch die Annahme von faltenstauenden Schwellen nördlich der subalpinen Zone ist nicht notwendig (die Existenz einer Schwelle für die Trias und den tieferen Jura — der vindelizischen Schwelle GÜMBEL's — soll damit nicht geleugnet werden).

Die ständige aber ungleichmäßige epirogene Hebung der Alpen und ihres Vorlandes ermöglicht auch eine Deutung mancher morphologischen Züge, so des Verlaufes vieler alpinen Flüsse in etwa SW—NO-Richtung und der Erhaltung der alten Abtragungsflächen in den Ostalpen. Das hochragende Gebiet der sogenannten „Molassealpen" hat seine Ursachen nicht nur in der Widerstandsfähigkeit der mächtigen Nagelfluhbänke, sondern auch in der Hebungstendenz dieser Zone, die wiederum mit der stärkeren Sedimentation und viel intensiveren Faltung zusammenhängen könnte.

Schriften

AMPFERER, O.: Zur Geologie des Unterinntaler Tertiärs. — Jb. geol. B.-A., **72**, S. 105—151. Wien 1922.

— : Über das Verhältnis von Aufbau und Abtragung in den Alpen. — Jb. geol. B.-A., **73**, S. 121—128. Wien 1923.

— : Über die Verwendung der Schuttausstrahlung zur Erkennung von Gebirgsverschiebungen. — Jb. geol. B.-A., **74**, S. 117—134. Wien 1924.

— : Über die tertiäre und diluviale Schuttausstrahlung in den Alpen. — Jb. geol. B.-A., **75**, S. 147—150. Wien 1925.

ANDRÉE, H.: Die Schwerermineralien der älteren oberbayerischen Molasse. — N. Jb. Min. usw., **71**, A, S. 59—120. Stuttgart 1936.

BÄRTLING, R.: Die Molasse und das Glacialgebiet des Hohenpeißenbergs und seiner Umgebung. — Geogr. Jh., **16**, S. 33—62. München 1905.

— : Zur Tektonik des Hohenpeißenberges. — Z. prakt. Geol., **20**, S. 97—112. Berlin 1912.

BAUMBERGER, E.: Die subalpine Molasse von Luzern. — Eclog. geol. Helv., **19**, S. 165—176. Basel 1925—1926.

— : Versuch einer Umdeutung der Profile durch die subalpine Molasse der Zentral- und Ostschweiz. — Eclog. geol. Helv., ebenda, S. 192.

— : Die Deutung des Rigi- und Roßbergprofils auf Grund neuer Fossilfunde. — Verh. naturf. Ges. Basel, **40**. Basel 1929.

— : Zur Tektonik und Altersbestimmung der Molasse am schweizerischen Alpennordrand. — Eclog. geol. Helv., **24**, S. 205—212. 1931.

— : Über die Cyrenen der Stampischen Molasse am Alpennordrand. — Eclog. geol. Helv., **27**, S. 390—399. Basel 1934.

BERZ, K. C.: Petrographisch-stratigraphische Studien im oberschwäbischen Molassegebiet. — Jh. Ver. vaterl. Naturk. Württemberg, S. 276—343. Stuttgart 1915.

BODEN, K.: Tektonische Fragen im oberbayrischen Voralpengebiet. — Cbl. Min. usw., Jg. 1922, S. 372—408. Stuttgart 1922.

— : Die Geröllführung der miozänen und oligozänen Molasseablagerungen im südbayrischen Alpenvorland zwischen Lech und Inn und ihre Bedeutung für die Gebirgsbildung. — Mitt. geogr. Ges. München, **18**, S. 427—504. 1925.

— : Über die Entstehung und Bedeutung der oberbayrischen Molasse. — Cbl. Min. usw. 1926, B, S. 236—240. Stuttgart 1926.

— : Geologisches Wanderbuch für die Bayrischen Alpen. — Stuttgart 1930.

— : Beschaffenheit, Herkunft und Bedeutung des ostalpinen Molasse-Schuttes. Abh. Landesuntersuch. bayr. Oberbergamt, H. 4. München 1931.

— : Ein Beitrag zur Kenntnis der Chiemgauer Molasse. — Z. deutsch. geol. Ges., **87**, S. 337—354. 1935.

BÖHM, E.: Stratigraphie du tertiaire karpatique à la base de la faune des poissons. — C. R. I. Congr. géol. de pétrole à Lwów. 1929.

BUXTORF, A. & v. FRÖHLICHER, H.: Zur Frage des Zusammenhanges des subalpinen Unter-Stampienmeeres mit dem Rheintalgraben. — Eclog. geol. Helv., **26**, S. 208. 1933.

BUXTORF, A.: Molasse- und Flyschtektonik südlich Luzern und ihre Bedeutung für den Lopperberg-Querbruch. — Eclog. geol. Helv., **29**, S. 291—301. Basel 1936.

CADISCH, J.: Ein Beitrag zur Entstehungsgeschichte der Nagelfluh. — Eclog. geol. Helv., **18**, S. 222—227. Basel 1924.

— : Das Werden der Alpen im Spiegel der Vorlandsedimentation. — Geol. Rdsch., **19**, S. 105—119. Berlin 1928.

— : Geologische Beobachtungen im Molassegebiet zwischen Linth und Thur. — Eclog. geol. Helv., **23**, S. 567—571. 1930.

CORNELIUS, H. P.: Einige Bemerkungen über die Geröllführung der bayrischen Molasse. — Verh. geol. Staats-A., Jg. 1920, S. 161—170. Wien 1920.

— : Beobachtungen über die Geröllführung der Molasse am Allgäuer Alpenrande. — Verh. geol. B.-A., Jg. 1923, S. 183—191. Wien 1923.

DIETRICH, W. O. & KAUTSKY, F.: Die Altersbeziehungen der schwäbischen und schweizerischen Oberen Meeres-Molasse und des Tertiärs am Südrand der Schwäbischen Alb. — Cbl. Min. usw., Jg. 1920, S. 243—253. Stuttgart 1920.

ERB, L.: Zur Stratigraphie und Tektonik der Allgäuer Molasse. — Geognost. Jh., **35**, 1922, S. 167—192. München 1923.

FRÖHLICHER, H.: Nachweis von Fischschiefern mit Meletta in der subalpinen Molasse des Entlebruk (Kanton Luzern). — Eclog. geol. Helv., **24**, S. 241 bis 242. Basel 1931.

GERBER, ED.: Über die Molasse des Amtsbezirks Bern. — Mitt. naturforsch. Ges. Bern, H. 9. Bern 1925.

— : Der Muschelsandstein des Biembachgrabens im Unteremmental und dessen stratigraphische Bedeutung. — Mitt. naturf. Ges. Bern. 1928.

— : Andeutungen von Sedimentationszyklen in der Molasse des bernischen Mittellandes. — Eclog. geol. Helv., **25**, S. 238—242. 1932.

— : Die Molassestratigraphie in der Umgebung von Bern. — Eclog. geol. Helv., **26**, S. 155—157. Basel 1933.

GILLITZER, GG.: Geologie des Südgebietes des Peißenberger Kohlenreviers. — Jb. K. K. geol. R.-A., **64**, 1914, S. 149—188. Wien 1915.

GÖTZINGER, G.: Studien in den Kohlengebieten des westlichen Oberösterreichs. — Verh. geol. B.-A., **74**, S. 137—228. Wien 1925.

— : Neueste Erfahrungen über den oberösterreichischen Schlier unter besonderer Berücksichtigung der beiden 1200 m-Tiefbohrungen bei Braunau am Inn. — Petroleum, **22**, S. 1—7. 1926.

— : Aufnahmebericht über die Blätter Baden-Neulengbach nebst Bemerkungen über angrenzende Teile aus den Blättern Tulln. — Verh. geol. B.-A., S. 45 bis 54. Wien 1929.

— : Aufnahmebericht über Blatt Salzburg. — Verh. geol. B.-A., S. 38—39. Wien 1934.

— : Bericht vom Chefgeologen Bergrat Dr. G. GÖTZINGER über außerplanmäßige Aufnahmen auf Blatt Ried-Vöcklabruck. — Verh. geol. B.-A., Jg. 1935, S. 45—46. Wien 1935.

— : Das Salzburger Haunsberggebiet zwischen Oichtental und Obertrumer See. — Verh. geol. B.-A., S. 86—92. 1936.

GRILL, R.: Oligozän und Miozän im Gallneukirchener Becken. — Akad. Wiss. Wien, Anz., **70**, S. 306—308. 1933.

GUEMBEL, C. W. v.: Geognostische Beschreibung des Bayerischen Alpengebirges und seines Vorlandes. — Gotha 1861.

— : Die miozänen Ablagerungen im oberen Donaugebiet. — Sber. Akad. Wiss. Wien, math.-naturwiss. Kl. München 1887.

— : Nachträge zur geogn. Beschreibung des bayerischen Alpengebirges. — Geogn. Jh., S. 172—175. 1888.

— : Geologische Beschreibung von Bayern. — Fischer, Cassel 1894.

HAHN, F. FELIX: Weitere Beobachtungen in der Flyschzone Südbayerns. — Z. deutsch. geol. Ges., **66**, S. 46—63. 1914.

HEIM, ALB.: Geologie der Schweiz. — I. Leipzig 1919.

HEIM, ARNOLD: Die Brandung der Alpen am Nagelfluhgebirge. — Vjschr. naturf. Ges. Zürich. Zürich 1906.

— : Über Bau und Alter des Alpennordrandes. — Verh. schweiz. naturf. Ges., **21**, S. 73—80. 1928.

— : Zum Problem der Alpenmolassekontakte. — Eclog. geol. Helv., **25**, S. 223 bis 231. 1932.

HEIM, A., BAUMBERGER, E. & STEHLIN, A. G.: Die subalpine Molasse des westlichen Vorarlbergs. — Vjschr. naturf. Ges. Zürich, **73**. Zürich 1928.

KIDERLEN, H.: Beiträge zur Stratigraphie und Paläogeographie des süddeutschen Tertiärs. — N. Jb. Min. usw., Beil.-Bd. **66**, B, S. 215—384. Stuttgart 1931.

KRAUS, E.: Geologie des Gebietes zwischen Ortenburg und Vilshofen in Niederbayern. — Geogn. Jh., **28**. München 1915.

— : Geologische Forschungen im Allgäu. — Geol. Arch., 1926, H. 1—5. 1927.

— : Neue Spezialforschungen im Allgäu. — Geol. Rdsch., **18**, S. 189—221 und 263—298. Berlin 1927.

— : Über Flysch und Molasse im Allgäu. — Geol. Rdsch., **20**, S. 146—158. Berlin 1929.

— : Erläuterungen zu Blatt Fischen d. geol. Karte von Bayern 1:25 000. — München 1931.

KRAUS, E. & REIS, O. M.: Erläuterungen zu Blatt Immenstadt d. geol. Karte von Bayern 1:25 000. — München 1929.

LEBLING, A.: Molasse und Alpen zwischen Lech und Salzach. — Z. deutsch. geol. Ges., **77**, S. 185—197. Berlin 1925.

— : Die paläogeographische Bedeutung der oberbayerischen Molasse. — Z. deutsch. geol. Ges., **80**, S. 511—520. Berlin 1928.

LUDWIG A.: Aus dem schweizerischen Molassegebiet. — Mitt. nat. Ges. St. Gallen. 1926—1927.

— : Stampische Molasse mit mariner Molluskenfauna am Nordrand des Säntisgebirges. — Eclog. geol. Helv., **20**, S. 245—247. Basel 1927.

MOOS, A.: Beiträge zur Geologie des Tertiärs im Gebiet zwischen Ulm a. D. und Donauwörth. — Geogn. Jh., **37**, 1924—1925, S. 167—252. München 1925.

MUHEIM, FR.: Die subalpine Molassezone im östlichen Vorarlberg. — Eclog. geol. Helv., **27**, S. 181—298. Basel 1934.

MÜLLER, FR.: Acht Profile und ein paar Worte zur Kenntnis des geol. Baues der Allgäuer Vorlandmolasse. — Ber. naturwiss. Ver. Schwaben, **48**, S. 11 bis 22. Augsburg 1930.

NOWACK, E.: Studien am Südrand der Böhmischen Masse. — Verh. geol. Staats-A., Jg. 1921, S. 37—47. Wien 1921.

PAVAI, VAJNA FR. v.: Über die jüngsten tektonischen Bewegungen der Erdrinde. — Földt. Közl., **55**, S. 282—297. Budapest 1926.

PETRASCHECK, W.: Die Gegend von Taufkirchen im oberösterreichischen Innkreis und das dortige Erdölvorkommen. — Berg- u. hüttenm. Jb. Leobener Montan-Hochschule, **72**, Nr. 3, 1924; Petroleum, **21**, S. 1129—1134. 1925.

PETTERS, V.: Geologische und mikropaläontologische Untersuchungen im Schlier Oberösterreichs. — Petroleum, **32**. 1936.

REIS, O. M.: Geologische Karte der Voralpenzone zwischen Bergen und Teisendorf, südlich Traunstein. — Geogn. Jh., **7**, 1894. Cassel 1895.

— : Erläuterungen zu der geologischen Karte der Vorderalpen zwischen Bergen und Teisendorf. — Geogn. Jh., **8**, 1895, S. 1—155. Cassel 1896.

— : Einzelheiten über Gesteinsarten des niederbayrischen Tertiärs rechts der Isar. — Geogn. Jh., **31—32**, S. 93. München 1920.

— : Nachträge zur geologischen Karte der Vorderalpenzone zwischen Bergen und Teisendorf, 1. u. 2. Teil. — Geogn. Jh., **33** u. **34**. München 1920 u. 1921.

REISER, K. A.: Geologie der Hindelanger und Pfrontener Berge im Allgäu. II. T. — Geogn. Jh., **35**. München 1922.

RICHTER, M.: Über die untere Meeresmolasse zwischen Lech und Rhein. — Cbl. Min. usw., Jg. 1925, B, S. 309—314. Stuttgart 1925.

— : Beiträge zur Stratigraphie und Tektonik der subalpinen Allgäuer Molasse. — Geol. Rdsch., **17 a**, S. 317—362. 1926.

— : Zur Altersfrage der oberbayrischen Oligozänmolasse. — Cbl. Min. usw., B, S. 427—434. Stuttgart 1932.

RITTER, E.: Stratigraphie und Tektonik der kohlenführenden Molasse zwischen Genfer See und Saanental. — Eclog. geol. Helv., **18**, S. 387—410. 1924.

ROLL, ARTUR: Beobachtungen längs der Küste des burdigalen Meeres auf der Schwäbischen Alb. — Z. deutsch. geol. Ges., **87**, S. 281—307. 1935.

SCHADLER, J.: Aufnahmebericht über Ob. Linz-Eferding. — Verh. geol. B.-A., S. 73 bis 81. 1936.

SCHAFFER, F.: Der Begriff der miozänen Mediterranstufen. — Verh. geol. B.-A., S. 86—88. Wien 1927.

SCHLOSSER, M.: Geologische Notizen aus dem bayrischen Alpenvorlande und dem Inntale. — Verh. K. K. geol. R.-A., Jg. 1893, S. 188—198. Wien 1893.

— : Zur Geologie des Unterinntales. — Jb. geol. R.-A., **39**, S. 188—198. 1909.

SCHUBERT, R.: Die Ergebnisse der mikroskopischen Untersuchung der bei der ärarischen Tiefbohrung zu Wels durchteuften Schichten. — Jb. geol. R.-A., **53**, S. 385—422. 1903.

STADLER, JOSEPH: Geologie der Umgebung von Passau. — Geogn. Jh., **38**, S. 39 bis 118. 1925.

STEHLIN, H. O.: Säugetierpaläontologische Bemerkungen zur Gliederung der miozänen Molasse. — Eclog. geol. Helv., **16**, S. 575—581. Basel 1932.

STUCHLIK, H.: Die Faziesentwicklung der südbayrischen Oligozänmolasse. — Jb. geol. R.-A., **56**, S. 277—350. Wien 1906.

SUESS, FR. E.: Beobachtungen über den Schlier in Oberösterreich und Bayern. — Ann. naturhist. Hofmus., **6**, S. 407—429. Wien 1891.

THOMAS, H.: Stratigraphie und Tektonik der Allgäuer Molasse nördlich von Weißach und Alpseetal. — N. Jb. Min. usw., **55**, B. Stuttgart 1926.

TROLL, K.: Über Bau und Entstehung des bayrischen Alpenrandes. — Z. deutsch. geol. Ges., **78**, S. 35—51. 1926.

VETTERS, H.: Aufnahmebericht über das Tertiärgebiet des Blattes Ybbs. — Verh. geol. B.-A., S. 63—64. 1929.

— : Bericht über außerplanmäßige Aufnahmen auf Blatt Ried-Vöcklabruch und Blatt Wels. — Verh. geol. B.-A., S. 76—84. 1930.

— : Aufnahmebericht über das Tertiär- und Quartärgebiet des Kartenblattes Ybbs. — Verh. geol. B.-A., S. 73—74. Wien 1931.

— : Bericht über außerplanmäßige Aufnahmen auf den Kartenblättern Mistelbach und Ganzendorf. — Verh. geol. B.-A., S. 45—46. Wien 1934.

WASMUND, E.: Ein rhätischer Riesenfindling im Allgäuer Rheingletschergebiet. — Cbl. Min. usw., Jg. 1929, B, S. 609—655. Stuttgart 1929.

WEILER, W.: Die Fischfauna der Unteren und Oberen Meeresmolasse Oberbayerns. — N. Jb. Min. usw., **68**, S. 305—352. Stuttgart 1932.

WEITHOFER, K. A.: Zur Kenntnis der oberen Horizonte der oligocänen Brackwassermolasse Oberbayerns und deren Beziehungen zur miocänen (oberen) Meeresmolasse im Gebiet zwischen Inn und Lech. — Verh. geol. R.-A., Jg. 1899, S. 269—282. Wien 1899.

— : Einige Querprofile durch die Molassebildungen Oberbayerns. — Jb. geol. R.-A., **52**, S. 39—70. Wien 1902.

— : Über neuere Aufschlüsse in den jungen Molasseschichten Oberbayerns. — Verh. geol. R.-A., S. 347—356. Wien 1912.

— : Die Oligozänablagerungen Oberbayerns. — Mitt. geol. Ges. Wien, **10**, 1917, S. 1—125. Wien 1918.

— : Das Pechkohlengebiet des bayrischen Alpenvorlandes und die Oberbayer. A.-G. für Kohlenbau. — Denkschrift, München 1920.

— : Molasse und Alpenrand in Oberbayern. — Cbl. Min. usw., Jg. 1932, S. 225—239. Stuttgart 1932.

— : Das Alter der oligozänen Molasse Oberbayerns. — Cbl. Min. usw., Jg. 1933, S. 81—90. Stuttgart 1933.

— : Molasse und Alpenrand in Oberbayern. II. Ist die oberbayrische Molasse von alpinen Decken überfahren? — Cbl. Min. usw., Jg. 1934, S. 1—12. Stuttgart 1934.

— : Molasse und Alpenrand in Oberbayern. III. Die tektonischen Bewegungen und deren Ausmaße in der oberen bayrischen Molasse. — Cbl. Min. usw., Jg. 1934, S. 360. Stuttgart 1934.

— : Die Promberger Schichten der oberbayrischen Molasse. — Cbl. Min. usw., Jg. 1935, S. 3—21. Stuttgart 1935.

WINKLER, A.: Über die Beziehungen zwischen Sedimentation, Tektonik und Morphologie in der jungtertiären Entwicklungsgeschichte der Ostalpen. — Sber. Akad. Wiss. Wien, math.-naturwiss. Kl., Abt. 1, S. 132. 1923.

— : Zur Deutung der Geröllzusammensetzung der inneralpinen Inntalmolasse. — Cbl. Min. usw., Jg. 1928, S. 362. Stuttgart 1928.

WOLFF, W.: Die Fauna der südbayrischen Oligozänmolasse. — Paläontographica, **43**. Stuttgart 1897.

Urschrift eingegangen am 2. März 1938

Druckauftrag erteilt am 27. Juli 1938