GEOLOGICA BAVARICA

Herausgegeben
vom
BAYER. GEOLOGISCHEN LANDESAMT

Nr. 5

Über Umlagerungsvorgänge in der subalpinen Molasse Oberbayerns und ihre Bedeutung für die alpine Tektonik

von

Herbert Hagn

München

Mit 5 Tafeln

MÜNCHEN 1950

Satz und Druck: Akademische Buchdruckerei F. Straub, München

GEOLOGICA BAVARICA

Herausgegeben
vom
BAYER. GEOLOGISCHEN LANDESAMT

Nr. 5

Über Umlagerungsvorgänge in der subalpinen Molasse Oberbayerns und ihre Bedeutung für die alpine Tektonik

von

Herbert Hagn

München

Mit 5 Tafeln

MÜNCHEN 1950

INHALTSÜBERSICHT

A. Vorwort 5

B. Methodik und Zielsetzung 6

C. Die allochthonen Mikrofaunen der subalpinen Molasse 8

1. Zum Faziescharakter der marinen Molasseablagerungen 8

2. Die Vorkommen allochthoner Mikrofaunen in der subalpinen Molasse Oberbayerns 11

a) Burgkirchen bei Burghausen/Salzach 12

b) Thalberg-Graben bei Traunstein 13

c) Bohrungen der Innstufe Rosenheim 14

d) Kaltenbach-Graben bei Miesbach 15

e) Schwaig a. d. Osterseen 16

f) Tiefbohrung Tölz 1 16

g) Bunte Molasse im westlichen Oberbayern 17

h) Vorarlberg 18

D. Zum Wesen der Umlagerungsvorgänge 18

1. Aufarbeitung und sortierter Schalenschutt bei fossilen Foraminiferen 18

a) Aufarbeitung und Umlagerung von Foraminiferen 19

b) Sortierter Schalenschutt 20

2. Zum Problem der Bunten Molasse 21

E. Bau und Beschaffenheit des schuttliefernden Hinterlandes der Molasse 23

1. Die Beziehungen der Mikropaläontologie zur Geröllanalyse 23

2. Das Einsetzen der Hauptschüttungen aus dem Helvetikum 23

3. Die Liefergebiete der subalpinen Molasse Oberbayerns 25

a) Umgelagerte Trogfüllungen 26

Die helvetische Zone als Liefergebiet der subalpinen Molasse 26

Die tektonischen Voraussetzungen der Umlagerungsvorgänge 27

b) Schwellenschutt 29

Die Gerölle der subalpinen Molasse 29

Trogwanderung — Schwellenwanderung 31

F. Tektonische Folgerungen 34

1. Die tektonischen Beziehungen zwischen Helvetikum und Molasse 34

2. Die Eozängerölle der subalpinen Molasse 36

3. Die tektonischen Geschicke der subalpinen Molasse 37

G. Zusammenfassung 39

H. Schriftennachweis 43

A. Vorwort

Die vorliegende Arbeit behandelt eine Reihe von Fragen, die nicht immer in ihrer vollen Bedeutung für die Alpengeologie erkannt worden sind. Gerade weil man Umlagerungsvorgänge nicht in genügendem Ausmaß für die Deutung geologischer Lagerungsverhältnisse im Alpenvorland herangezogen hat, entstanden Fehlurteile, die sich nachteilig auf die Entwicklung unserer Kenntnisse über die Alpenrandzone auswirkten. So wurde die Ansicht F. MUHEIM's (1934), daß „sämtliche über der Unteren Meeresmolasse auftretenden Horizonte ebenfalls mehr oder weniger mariner Entstehung seien" selbst in zusammenfassende Darstellungen (M. RICHTER 1937) übernommen, obwohl E. KRAUS bereits im Jahre 1935 mit allem Nachdruck für weitgreifende Umlagerungen von Mikrofossilien innerhalb der Bunten Molasse eingetreten war.

Inzwischen haben sich die Funde umgelagerten „marinen Feinstmaterials" (E. KRAUS) vermehrt und die Anzeichen für diese noch wenig berücksichtigten Vorgänge derart zugenommen, daß sich der Alpengeologe mit diesen Erscheinungen auf breiterer Basis auseinandersetzen muß, wenn er nicht wichtiger und entscheidender Gesichtspunkte bei der Beurteilung der tertiären Randsenkensedimente verlustig gehen will.

Umso erfreulicher ist es, daß sich in zunehmendem Maße neuere Untersuchungen auch dieser Seite der b a y r i s c h e n M o l a s s e zuwenden, die bislang stark vernachlässigt wurde. Im W. der bayrischen Molasse arbeitet H. ZÖBELEIN, München, über Fauna und Faziescharakter der Oberen Bunten Molasse, während F. E. HECHT, Hamburg, meines Wissens eine Bearbeitung der Tiefbohrung Tölz 1 plant, die eine Fülle allochthoner Foraminiferen geliefert und so auf die genannten Umlagerungsvorgänge erneut ein helles Licht geworfen hat. Um die mikropaläontologische Gliederung der subalpinen Molasse Oberbayerns hat sich vor allem H. BARTENSTEIN sehr verdient gemacht; leider sind seine Ergebnisse noch nicht veröffentlicht, so daß auf sie an dieser Stelle nicht näher eingegangen werden kann.

Die Aufgabe der vorliegenden Arbeit besteht darin, auf Grund verschiedener Funde das Wesen der Aufarbeitung näher zu beleuchten und daraus einige grundlegende Gesetzmäßigkeiten alpengeologischer Art abzuleiten. Dabei kann es sich nicht um eine erschöpfende Darstellung aller bis heute bekannten Fälle von Umlagerung handeln, sei es nun in der Molassezone selbst, sei es in anderen Gebieten. Eine monographische Bearbeitung kann schon deshalb noch nicht erwartet werden, weil bis heute noch kein genügend engmaschiges Netz der Probenentnahmen vorliegt, wie es für eine regionale Verfolgung der Probleme erforderlich wäre. Ich erachte es dennoch für angebracht, über die wichtigsten bisherigen Ergebnisse meiner Untersuchungen schon heute zu berichten.

Danken möchte ich vor allem meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. J. SCHRÖDER, der an meinen Arbeiten stets regen Anteil nimmt. Mein besonderer Dank gebührt ferner Herrn Prof. Dr. J. KNAUER, der durch Überlassung zahlreicher Bohrkerne den Fortgang meiner Arbeiten wesentlich gefördert hat, sowie Herrn Dr. F. E. HECHT, Hamburg, der mir eine praktische

mikropaläontologische Tätigkeit in Wietze, Krs. Celle, ermöglichte und mir ferner gestattete, über die Tiefbohrung Tölz 1 an dieser Stelle zu berichten. Herr Dr. H. C. G. KNIPSCHEER, München, war mir bei der Literaturbeschaffung behilflich, während ich Herrn O. HÖLZL, Hausham, eine größere Anzahl Vergleichsproben verdanke.

B. Methodik und Zielsetzung

Unsere Kenntnisse über Umlagerungsvorgänge in der bayrischen Molasse gehen verhältnismäßig weit zurück. C. W. v. GÜMBEL berichtete bereits im Jahre 1868 über Nummuliten aus den Thalberg-Schichten, für die er eindeutig eine sekundäre Lagerstätte annahm; er bezog sie folgerichtig aus dem unweit südlich anstehenden Helvetikum. Lange Zeit enthält nun die Literatur keine Anhaltspunkte mehr, die auf Abtragung im Hinterland und Sedimentation in der neu gebildeten oligozänen Vortiefe schließen lassen. Erst K. BODEN (1925) nahm mit seinen umfangreichen Gerölluntersuchungen diese Gedankengänge wieder auf und konnte auf diese Weise einige grundlegende Ergebnisse gewinnen, denen M. RICHTER (1937) glaubte, ihren Wert absprechen zu müssen. Inzwischen fand F. MUHEIM (1934) in der Bunten Molasse Vorarlbergs Foraminiferen, die ihn zu dem Schluß verleiteten, diese westliche Fazies des Aquitans sei ähnlich der östlichen Ausbildung ebenfalls mariner Abstammung. E. KRAUS (1935) hat dagegen nachdrücklich auf den Faziescharakter der Bunten Molasse hingewiesen und diese Abfolge als umgelagertes Sediment erkannt, während M. RICHTER auch später noch an einer marinen Natur dieser Ablagerungen festhielt.

In der Schweiz erfaßte man frühzeitig das Wesen und die Bedeutung von Umlagerungen. A. SENN, der im Jahre 1949 leider viel zu früh gestorben ist, hat ihnen (1935) eine aufschlußreiche Studie gewidmet. Es folgten die Arbeiten von O. RENZ, der in Umbrien burdigale Sedimente fand, welche aufgearbeitete Großforaminiferen der Oberen Kreide, des Paleozäns, des Untereozäns, Lutets, Bartons und des Aquitans enthielten (1936).

In Bayern wurde man zu einer Auseinandersetzung mit diesem Problem gezwungen, als F. E. HECHT auf Grund seiner reichen Erfahrungen in Niederländisch-Indien in der Oberen Bunten Molasse der Tiefbohrung Tölz 1 reiche Schüttungen allochthoner Kreideforaminiferen nachweisen konnte. H. BARTENSTEIN hat im Lauf seiner Molassebearbeitung ebenfalls eine Fülle diesbezüglicher Beobachtungen gemacht, wie er brieflich mitteilte. In neuerer Zeit mehren sich demnach die Anzeichen für Umlagerungsvorgänge in allen möglichen Sedimenten der Molasse und ein Fund ergänzt den anderen, so daß es schon heute möglich ist, auf Grund dieser einen allochthonen Komponente wichtige Rückschlüsse auf die Natur und Geschichte des im S. gelegenen Abtragungsgebietes zur Zeit der Sedimentation in der jüngeren alpinen Vortiefe zu ziehen.

Funde allochthoner Foraminiferen in anderen Gebieten vervollkommnen unsere Kenntnisse der Umlagerungsvorgänge weiterhin. So hat R. GRILL (1948) u. a. über umgelagerte Foraminiferen in kohleführenden Süßwasserablagerungen Oberösterreichs berichtet, die dort dem Unterpliozän angehören (p. 10). F. BETTENSTAEDT erwähnt umgelagerte Foraminiferen des Mucronatensenons in Sep-

tarienton einer Bohrung SW. von Hamburg; W. WICK konnte sehr eindeutige Fälle aus dem Miozän namhaft machen, die hier durch Salzstocktektonik bedingt sind (s. C. A. WICHER 1939). In den Pechelbronner Schichten des Bruchsaler Tertiärs fand B. PAUL (1938) allochthone Malmforaminiferen zusammen mit einer bodenständigen oligozänen Mikrofauna. Auswaschungen von Glaukonit aus Tertiärsanden und Aufnahme in glaziale Geschiebemergel gehören ebenfalls hierher (O. PRATJE und W. RICHTER 1938).

Der Vollständigkeit halber mag noch erwähnt werden, daß dagegen die von WICHER (1949, S. 94) angenommene Umlagerung von Dansedimenten in helvetisches Alttertiär wohl nicht den Tatsachen entspricht, da man bis heute primäres Dan in helvetischer Ausbildung zumindest in Oberbayern nicht kennt.

Enge Beziehungen bestehen vor allem zur Geröllanalyse, da sich die Ergebnisse beider Untersuchungsmethoden — klastische Komponenten auf der einen, umgelagertes marines Feinstmaterial auf der anderen Seite — zur Deckung bringen lassen müssen, wenn von beiden Seiten einwandfrei gearbeitet worden ist. Auf diese Beziehungen soll dagegen erst weiter unten eingegangen werden. Weiterhin ergeben sich Parallelen zur modernen Sedimentpetrographie, insbesondere zur Schwermineralanalyse, da es sich auch bei ihren Untersuchungsobjekten um, oftmals sogar mehrfach, umgelagertes Material handelt, das im wesentlichen denselben Gesetzmäßigkeiten unterliegt wie allochthone Foraminiferen und verschwemmter Glaukonit. Auch die Mikropaläontologie kennt „frachtempfindliches" Material und die Reichweite der verschiedenen Schüttungen kann verschieden groß sein, je nachdem sich eine transportierte Form zum passiven Schwimmen eignet oder nicht. So wird man Mikropaläontologie, Geröllanalyse und Schwermineraluntersuchung in Zukunft im Auge behalten müssen, wenn man alle Möglichkeiten einer Deutung ausschöpfen will.

Eine weitere Art der Übereinstimmung der genannten Untersuchungsmethoden ergibt sich, zumindest für das Gebiet der subalpinen Molasse Oberbayerns, aus der Anordnung und aus der Baugeschichte der alpinen Vortiefenbildungen. Entsprechend der zonaren Anordnung der Absenkungströge (W. BRINKMANN 1938) sind die Schüttungen einheitlicher, als das etwa bei typischen Epikontinentalablagerungen der Fall sein dürfte, die örtlich und zeitlich, also horizontal und vertikal, rasch wechseln. So hat z. B. W. RICHTER ein einheitliches Granatspektrum für den gesamten Flyschtrog ermitteln können (1937), während das Helvetikum mehr Komponenten der stabilen Schwermineralreihe (Zirkon, Rutil, Turmalin) aufweist, was sehr gut mit eigenen Beobachtungen im Helvetikum übereinstimmt. Eine Einschränkung ist natürlich auch hier zu machen, da die Liefergebiete in ihrer O.-W.-Erstreckung nicht vollkommen gleich entwickelt sind. So zeigt z. B. der helvetische Ablagerungsraum, das wichtigste Hinterland der Molasse, nach O. eine gesetzmäßige Veränderung vor allem im Schichtaufbau. die sich naturgemäß in den betreffenden Schüttungen ausprägen muß. Die Ursache dafür ist in einem Nachlassen der Intensität der Bodenunruhen von W. nach O. zu suchen, auf die weiter unten näher eingegangen werden soll.

Zu einer möglichst genauen spezifischen Bestimmung der allochthonen Foraminiferen, die oft genug durch schlechte Erhaltung der zu untersuchenden Gehäuse erschwert wird, muß eine quantitative Erfassung treten, wie sie die Sedimentpetrographie und auch die Geröllanalyse schon lange kennen. Dabei ist

eine absolut-quantitative Erfassung etwa im Sinne TAUBERT's (1942) einer nur relativ-quantitativen Methode, wie sie vor allem bei der Pollenanalyse Verwendung findet (K. RICHTER 1935), vorzuziehen, da nur sie allein sichere Angaben über das Ausmaß der erfolgten Aufarbeitungen zuläßt. Eine möglichst genaue taxonomische Einordnung ist notwendig, wenn feinere stratigraphische Einheiten erkannt werden sollen als etwa „Senon" oder „Eozän", wie weiter unten dargelegt werden soll. Es muß das Heimatgebiet der einzelnen Schüttungen möglichst weitgehend charakterisiert werden, wenn die aufgefundenen Formen mehr als paläontologisch-systematisch interessieren sollen.

Der Gang der vorliegenden Arbeit ist folgender: Zunächst werden, rein beschreibend, alle bis heute bekannten Funde umgelagerter Foraminiferen in der bayrischen Molasse zusammengestellt. Es wird für diesen Zweck eine regionale Anordnung der Fundpunkte von O. nach W. gewählt. Im Laufe der weiteren Untersuchung werden die Heimatgebiete der betreffenden Faunenelemente ermittelt, nachdem zuvor die Umlagerungsvorgänge als solche in ihrem Erscheinungsbild festgehalten wurden. Einsetzen der Hauptschüttungen und Unterschiede in der qualitativen Zusammensetzung der Komponenten in den verschiedenen Gebieten führen hinüber zu den Ergebnissen der Geröllanalyse, die vor allem in Oberbayern durch die Arbeiten BODEN's weit vorangetrieben wurden. Diese beiden Kriterien sind es, die bei ihrer Auswertung wichtige Schlüsse auf Ausdehnung und Beschaffenheit des schuttliefernden Rücklandes gestatten, das sich im wesentlichen aus Schwellen und Trogfüllungen zusammengesetzt hat und für das eine gesetzmäßige Änderung in der Beschaffenheit derselben von W. nach O. festgestellt werden kann. Tröge und Schwellen aber bilden die Hauptelemente der alpinen Baugeschichte, die ihrerseits wiederum für Aufarbeitung und Umlagerung verantwortlich gemacht werden muß. Zuletzt gelingt es von der Mikropaläontologie aus, einiges über die tektonischen Geschicke der subalpinen Molasse auszusagen, insbesondere aber die Deutungsmöglichkeiten weiter einzuengen, da einige frühere Annahmen mit den Erscheinungen der Umlagerung in Widerspruch stehen.

C. Die allochthonen Mikrofaunen der subalpinen Molasse

1. Zum Faziescharakter der marinen Molasseablagerungen

Als jüngste und zugleich nördlichste Vortiefe hat der Molassetrog seine eigene Geschichte und auch seinen eigenen Bau, wie das in gleicher Weise für Flysch und Helvetikum gilt. Auch dieser Ablagerungsraum hatte seine „Stammschwelle", die den Molassetrog mit terrigenem Material versorgte und ihn zugleich, wenigstens teilweise, vom Helvetikum abgrenzte. Es war eine Schwelle, die im Chatt die Rolle des „Vindelizischen Gebirges" übernahm und zugleich die alte Tradition des Cetischen Rückens sowie der Ostalpinen Geantiklinale (Rumunischer Rücken) weiter im N. fortsetzte. Rasche Sedimentation und eine viel zu geringe Entmischung der zugeführten Komponenten ließen es nur selten zur Ausscheidung organogenen Kalkes kommen und beraubten so den mächtigen Schichtstoß der Molasse einer Variante, wie sie gerade für das Helvetikum in hohem Maße bezeichnend ist. So neigt die Ausbildung der Molasse viel eher zur

Flyschfazies, als dies etwa beim Helvetikum trotz seiner südlicheren Lage der Fall ist.

Ein besonderes Augenmerk ist demnach auf die Stellen in der Molasse zu richten, an denen die eintönige Molassesedimentation mit ihrer Abfolge Konglomerate — Sandsteine — Mergel durch Bildungen organogenen Kalkes unterbrochen wird. Bezeichnenderweise fehlen Lithothamnien, die oft wenige Kilometer weiter im S. die gewaltigen Algenbänke des helvetischen Auversiens aufbauen, in der subalpinen Molasse völlig, wiewohl gerade die Tonmergelstufe die Fazies der Stockletten wiederholt [1]). Kalkarmut und zeitweilige Verunreinigung des Molassemeeres durch Tontrübe dürften in der Hauptsache für ihr Fehlen verantwortlich sein. Umgelagerte Reste von Lithothamnien sind dagegen mehr oder minder häufig. Korallenriffe, wie sie bei Hallthurm und Reit im Winkl in wenig älteren Schichten des inneralpinen Tertiärs noch vorkommen, sind aus der Molasse unbekannt. Eine Ausnahme machen lediglich die burdigalen Bryozoenrasen von Schwaig a. d. Osterseen, in denen Bryozoen ein massiges, sandiges Gestein von gelber Farbe zusammensetzen, das vor allem A. ROTHPLETZ (1917) erwähnt hat; daneben treten reichlich Gerölle auf, die BODEN eingehend untersuchte (1925).

Die rasche Sedimentation im Molassetrog war der Entfaltung einer Mikrofauna wohl ebenso abträglich, wie das in gleichem Maße für die Flyschablagerungen mit ihren Kümmerformen angenommen werden muß. Den reichen und wohl differenzierten Lebensgemeinschaften des Helvetikums stehen die oft spärlichen Artenvergesellschaftungen der Molasse in vielem nach. Wenn es auch vereinzelt zur Ausbildung einer üppigen Fauna kam — für die Tonmergelstufe möchte ich vor allem die des Locher-Grabens bei Hausham nennen —, so entsteht doch der Eindruck, als sei die Molasse keine geeignete Fazies, um benthogene Mikrofaunen aufkommen zu lassen. Ein rascher Fazieswechsel erschwert zudem in vielen Fällen das Verfolgen gewonnener Profile selbst auf geringe Entfernungen.

Dazu kommt, daß von vorneherein nicht allzu viele Horizonte für eine Mikrofossilführung in Frage kommen. Sieht man zunächst von allochthonen Faunenkomponenten ab, die naturgemäß an keine Faziesgrenzen gebunden sind, so darf man in den brackischen und limnischen Abfolgen der Molasse außer *Rotalia beccarii* (L.) und zweier *Nonion*-Arten — *Nonion granosum* (D'ORB.) und *N. tuberculatum* (D'ORB.) —, nur mehr Ostracoden und allenfalls noch

[1]) Die Lithothamnienkalke der Bohrung Taufkirchen 1 sind noch umstritten. Während sie H. ANDRÉE mit den helvetischen Lithothamnienkalken des höheren Mitteleozäns etwa von Neubeuern in Beziehung zu bringen sucht, ist nach NATHAN „die Annahme einer benthogenen Bildung im Flachwasser des mitteloligocänen Meeres als facielle Vertretung der grobkörnigen Basalsande auch möglich" (NATHAN 1949, p. 24). Gegen die Deutung als Helvetikum spricht vor allem das Fehlen von Stockletten, die die Algenkalke sonst in jedem Aufschluß begleiten. Die diese Kalke begleitenden Globigerinenschiefer der Teufe 1366 m, die mit den helvetischen Stockletten eine oberflächliche Ähnlichkeit besitzen, gehören nach ihrer Mikrofauna (u. a. *Bolivina beyrichi* REUSS, *Cancris* ex aff. *turgidus* CUSHMAN and TODD) bereits dem Rupel an. Sie stellen somit das normale Liegende der Fischschiefer dar, wie sie ebenfalls der subalpinen Molasse fehlen. So gewinnt die Ansicht NATHAN's erheblich an Wahrscheinlichkeit; es hat tatsächlich den Anschein, als wiederholten diese Sedimente des Rupels die Ausbildung der mitteleozänen Stockletten und Granitmarmore in ihrer gegenseitigen faziellen Vertretung. Allerdings gilt diese Annahme nur für die Ablagerungen der alpenferneren Ungefalteten Molasse.

Characeen-Oogonien erwarten. Alle anderen Funde autochthoner Foraminiferen in den Cyrenenschichten sind sehr selten, wenn sie auch die Zahl der insgesamt aufgefundenen Arten und Gattungen noch etwas erhöhen. So finden sich gelegentlich winzige Bolivinen, kleine Rotalien, eine *Elphidium*-Art und als Besonderheit ein kleiner *Ammodiscus*. Teilweise scheinen selbst noch einzelne Radiolarien durch den Wellenschlag in den Ablagerungsraum der Cyrenenschichten verfrachtet worden zu sein, wie gelegentliche Funde beweisen. Pflanzenreste wie Pollen und kleine Samen kommen zumeist nur in ausgesprochen limnischen Einschaltungen vor. Auf diese Weise läßt sich am Mikrofossilinhalt der Cyrenenschichten ein Wechsel limnischer und brackischer Horizonte gut erkennen, der sich im Profil oft ziemlich rasch und innerhalb weniger Meter vollzieht.

Die marinen Horizonte der Molasse selbst sind nicht immer fossilreich und zudem verhindern nur allzu oft Sandschüttungen eine rationelle Ausbeutung des Gesteins, zumal die Faunen oft sehr kleinwüchsig sind. Viele Proben sind viel zu stark verfestigt, als daß sie sich genügend aufbereiten ließen.

Im Gegensatz dazu stehen die Mikrofaunen der Ungefalteten Molasse etwa der Bohrungen Füssing 1 und Taufkirchen 1, die großwüchsig und reich an Arten und Individuen sind [1]). Sie zeigen erneut die unterschiedlichen biologischen Bedingungen, die in ein und demselben Molassebecken, allerdings unter ganz verschiedenen tektonischen Voraussetzungen geherrscht haben. Den epirogenetischen Bewegungen am Südrand der Böhmischen Masse stehen die orogenetischen Ereignisse im Süden der subalpinen Molasse gegenüber.

Stellenweise ist es sogar zu Umlagerungen innerhalb des Aquitans gekommen. So finden sich in den Cyrenenschichten häufig Exemplare von *Rotalia beccarii* (L.) in verschiedenem Erhaltungszustand: einer normal erhaltenen Form stehen abgeriebene und in ihrer Erhaltung fast kretazisch anmutende Steinkerne der gleichen Art gegenüber, die lediglich aus älteren Cyrenenschichten aufgearbeitet und zusammen mit den „rezenten" unverfrachteten Gehäusen wieder eingebettet wurden. Bei diesen Vorgängen können naturgemäß auch Kreide- und Eozänfaunen erneut umgelagert worden sein.

Es ist nicht immer leicht, autochthone Formen streng von allochthonen zu unterscheiden, vor allem dann, wenn noch nicht feststeht, ob eine Kreideform z. B. auch im Tertiär auftreten kann. So erwähnt Liebus (1903) Gümbelinen aus der Tonmergelstufe. Tatsächlich habe ich, wenn auch sehr vereinzelt, Vertreter der Gattungen *Gümbelina, Gümbelitria* und sogar *Stensiöina* in den Cyrenenschichten gefunden, deren Erhaltungszustand nicht sehr eindeutig für erfolgte Umlagerung spricht. In der neueren amerikanischen Literatur werden die oben genannten Formen zuweilen noch aus dem Eozän beschrieben, wenn auch unter anderen Artnamen als Formen aus der Kreide.

Bezeichnend für die Molasse ist endlich, daß Großforaminiferen wie Lepidocyclinen und Miogypsinen ihren Schichten gänzlich fehlen. Diese Formen kennzeichnen die südlichen, in besonderem Maße die tropischen Tertiärablagerungen. Diese Erscheinung mag wohl auf eine gewisse Abgeschlossenheit des Molassetroges gegenüber dem tertiären Mittelmeer zurückzuführen sein, eine

[1]) Die erwähnten Untersuchungen von Mikrofaunen aus den Bohrungen Taufkirchen 1 und Füssing 1 habe ich an Material des Bayrischen Geologischen Landesamtes in München durchgeführt.

Annahme, die durch die nördliche Randlage der Molassetiefe nur gestützt wird. Mit dieser Verlagerung des Sedimentationsraumes nach N. im Verlauf der alpinen Gebirgsbildung läßt sich wahrscheinlich bereits das nur sporadische Auftreten von Alveolinen und die teilweise geringere Größe der lutetischen Camerinen in den helvetischen Ablagerungen in Zusammenhang bringen, was im Vergleich zu den Verhältnissen in den südlicheren Provinzen ganz besonders auffällt.

Mikrofaunen der oberbayrischen Molasse hat als erster LIEBUS (1903) beschrieben; bekannt geworden ist u. a. seine Gattung *Plectofrondicularia*, die heute als gutes Index-Fossil gilt (GALLOWAY 1933). Für das österreichische Gebiet liegen neuere Arbeiten von GRILL (1948) und anderen Autoren vor. Neuerdings hat NATHAN (1949) zahlreiche Bestimmungen von Foraminiferen aus der Ungefalteten Molasse Niederbayerns in seine Arbeit übernommen (p. 8—24). Nachdem die Bearbeitung der Molassefaunen von verschiedenen Seiten nach wie vor im Gang ist, soll an dieser Stelle von a u t h o c h t h o n e n F a u n e n nicht mehr weiter die Rede sein, da vor allem die Ergebnisse BARTENSTEIN's noch nicht zugänglich sind.

2. Die Vorkommen allochthoner Mikrofaunen in der subalpinen Molasse Oberbayerns

Unabhängig von der faziellen Ausbildung und Fossilführung der Molasseablagerungen treten die umgelagerten Faunenelemente auf, die auf Grund ihrer Zusammensetzung auf aufbereitete Kreide- und Eozänsedimente schließen lassen. Sie finden sich in gleicher Weise in marinen, brackischen und limnischen Absätzen der Molasse, wenn es auch scheint, als seien ihre Reste infolge gesteigerter terrigener Einschwemmungen in der landnahen Bunten Molasse besonders häufig. Sie kennen als echte Thanatocönosen kein Biotop mehr, ebensowenig berücksichtigen sie die biologischen Gegebenheiten einer Lebensgemeinschaft, wie das bei den standortgebundenen Faunen der Molasse der Fall ist. Sie gehorchen vielmehr anderen Bedingungen, deren Feststellung von Fall zu Fall es ermöglicht, etwas über die Verhältnisse im Rückland der Molasse auszusagen. Sie sind den Gesetzen des exogenen Kreislaufs ganz besonders unterworfen und zeigen demnach wie jene andere klastische Komponente Anzeichen von Zerstörung und Auflösung während der Verfrachtung. Anhaltspunkte für Dauer und Ausmaß des Transports sind damit gegeben, die ihrerseits auf Lage und Entfernung des Liefergebietes schließen lassen. Dieser q u a n t i t a t i v e n Erfassung kommt der Faktor Zeit zu Hilfe, der es gestattet, das Einsetzen der Hauptschüttungen auf Grund ihrer q u a l i t a t i v e n Zusammensetzung auf den von der Zerstörung erfaßten Schichtbestand im schuttliefernden Hinterland der einzelnen Gebiete Rückschlüsse zu ziehen. Dieser regionalen Verfolgung des so umrissenen Problems dient im nachfolgenden die Anordnung der Fundpunkte allochthoner Faunen von O. nach W., da sich aus dieser Aufeinanderfolge und aus ihrem Inhalt Gesetzmäßigkeiten, wieder in Verbindung mit der Geröllanalyse, ableiten lassen.

a. Burgkirchen bei Burghausen/Salzach

Eine der aufschlußreichsten Proben, die das Wesen von Umlagerungen schlagartig beleuchten, verdanke ich Herrn Prof. Dr. E. KRAUS, der diese Probe dem Bayrischen Geologischen Landesamt zur mikropaläontologischen Untersuchung zur Verfügung gestellt hat. Ich danke dem Bayrischen Geologischen Landesamt für die Zustimmung, das Ergebnis meiner Untersuchungen an dieser Stelle veröffentlichen zu dürfen.

Es lagen graue, sandige Flinzmergel der Oberen Süßwassermolasse (Obermiozän) zur Untersuchung vor. Sie stammen von Blatt Burgkirchen (701) NO. „Auf der Wies", 12 m über der Salzach. Der Schlämmrückstand bestand aus Quarz, Glimmer und Glaukonit und enthielt in größerer Menge umgelagerte Foraminiferen und andere Mikrofossilien aus dem helvetischen Senon, dem helvetischen Alttertiär sowie aus der älteren Molasse selbst.

Auf umgelagertes Senon müssen folgende Formen bezogen werden: *Globigerina cretacea* D'ORB., *Globotruncana* ex aff. *canaliculata* D'ORB., cf. *Globigerinella aspera* (EHR.), zahlreiche Gümbelinen sowie Inoceramenprismen, die ebenfalls recht häufig vorkommen.

Weniger deutlich ist helvetisches Alttertiär vertreten. Dennoch lassen sich einzelne Formen auf das Auversien der Stockletten beziehen, so vor allem *Globigerina triloba* REUSS, gelegentlich als Glaukonitstein vorkommend, und *Globigerina bulloides* D'ORB. Einige andere Gattungen, wie *Dentalina* sp., *Saracenaria* sp. sowie eine *Planulina*, können ebenfalls diesem Horizont entstammen; da sie aber wenig typisch sind, kann ein Beweis in dieser Richtung nicht geführt werden.

Neben diesen Formen aus dem Helvetikum treten Foraminiferen aus der Molasse selbst auf, die man ebenfalls als umgelagert ansehen muß, da die Obere Süßwassermolasse primär mikrofossilleer ist. Dem Aquitan ist wohl *Rotalia beccarii* (L.) zuzuordnen, da unsere umgelagerte Form Vorkommen aus Cyrenenschichten in ihrem Erscheinungsbild mehr ähnelt als Exemplaren aus dem Burdigal oder Helvet. Ebenfalls aquitanes Alter dürfte ein Bruchstück von *Anomalinella alticosta* (TEN DAM & REINHOLD, 1942, p. 97, T. 8, Fig. 1, 2; T. 18, Fig. 14) besitzen, eine Art, die primär im Oligozän auftritt und ebenfalls in der genannten Vergesellschaftung angetroffen wurde. Dagegen stammen die Radiolarien aus dem Miozän, vielleicht auch die gelegentlich auftretenden Seeigelstacheln. Verkieste Diatomeen (*Coscinodiscus* sp.) bereichern weiterhin die eigenartige Faunengemeinschaft (T. 1, Abb. 1).

Die genannte Probe ist vor allem deshalb interessant, weil sie sehr weit im O. entnommen wurde. Das Einzugsgebiet ihres Fremdmaterials muß, soweit es die Formen aus dem Helvetikum selbst betrifft, im Helvetikum N. von Salzburg gelegen haben. Die umgelagerten Kreidearten sprechen sehr für eine solche Annahme, da sie mit großer Wahrscheinlichkeit den Pattenauer Schichten (Obercampan — Untermaastricht) dieses Gebietes entstammen, was schon allein durch den Reichtum an umgelagerten Gümbelinen hervorgeht; ich besitze Schlämmrückstände von diesen primären Vorkommen, die außer Gümbelinen ebenfalls sehr reich an Inoceramenprismen wie auch an Globigerinen sind.

Weiterhin ist diese Probe deshalb besonders aufschlußreich, weil sie nicht nur Fremdmaterial aus dem Helvetikum enthält, sondern auch Umlagerungen älterer Molasse und Einbettung ihres Mikrofossilgehaltes in Obere Süßwassermolasse beweist.

b. Thalberg-Graben bei Traunstein

Umgelagerte Nummuliten aus den Thalbergschichten führt, wie bereits erwähnt, zum ersten Mal C. W. GÜMBEL (1868) an; er bemerkt in diesem Zusammenhang ausdrücklich, daß es sich bei den aufgefundenen Formen n i c h t um oligozäne Arten handeln könne wie etwa *N. intermedius* oder *N. vascus*. Er führt sie vielmehr auf mitteleozäne Vorkommen des Helvetikums zurück und erwägt, „... ob diese Erscheinung sich etwa durch die Annahme erklären lasse, daß diese in das jüngere Gestein übergegangenen Arten der älteren Formationen vielleicht durch Aufschlämmen aus der ersten Lagerstätte fortgeführt, in das jüngere Gestein auf sekundärer Lagerstätte wieder eingebettet wurden" (l. c. p. 8). Zugleich fand GÜMBEL zahlreiche Lithothamnienbruchstücke, die er später als *L. torulosum* beschrieb (1871). Auch für sie muß Allochthonie angenommen werden. Heute werden die Thalbergschichten, die GÜMBEL noch für Untere Meeresmolasse hielt, nach neueren Untersuchungen von HÖLZL (1949) ins Burdigal gestellt.

Vom Thalberg-Graben liegen mir zahlreiche Assilinen der Gruppe *A. exponens* (SOW.) in beiden Generationen vor, die ich der Freundlichkeit von Herrn HÖLZL verdanke. Sie sind ident mit den Assilinen der Adelholzener Schichten, die im Helvetikum eine nördliche Fazies des Mitteleozäns kennzeichnen. Ein Exemplar der makrosphärischen Generation (A-Form) zeigt Abb. 6—7 auf Taf. 4. Weiterhin besitze ich noch je ein Exemplar der Gattungen *Camerina* und *Discocyclina*. Die Erhaltung der umgelagerten Schalen ist relativ gut, was durch die Nähe des im S. anstehenden Helvetikums verständlich ist. In Schlämmrückständen aus den Thalbergschichten finden sich gelegentlich, oft zusammen mit einer mehr oder weniger spärlichen autochthonen Mikrofauna burdigalen Alters, noch Globigerinen vom Typus der *G. bulloides* D'ORB., die in den helvetischen Stockletten ungemein häufig ist. Als Besonderheit konnte ich eine *„Truncatulina" favosoides* EGGER (Kreidemergel Bayr. Alpen 1899, p. 150, T. XX, Fig. 22—25) wiedererkennen, eine Form, die in manchen Proben aus den Gerhardsreuter Schichten nicht selten ist und auf diese Weise erneut umgelagertes helvetisches Obersenon (Maastricht) in Schichten der Molasse beweist.

Um Formen der Molasse selbst kann es sich bei den erwähnten Funden von Großforaminiferen umso weniger handeln, als die Gattung *Assilina* die Hangendgrenze des Priabons nicht überschreitet und auch die Gattung *Camerina* im Chatt erlischt (BOUSSAC 1911). Bezeichnend ist ferner, daß augenscheinlich gerade die nördliche Fazieszone des Helvetikums von der Umlagerung betroffen wurde, während vererzte Nummuliten der südlichen helvetischen Faziesgebiete bislang nicht aufgefunden wurden.

c. Bohrungen der Innstufe Rosenheim

Weiter im W., in der Gegend von Rosenheim, liegen die Horizonte, die fremde Faunenelemente enthalten, etwas tiefer. Man muß sie ins Aquitan stellen und die betreffenden Schichtglieder den Cyrenenschichten zuweisen. Für die Innstufe Rosenheim wurde im Jahre 1949 eine Reihe kleinerer Bohrungen in den Innauen südlich von Rosenheim niedergebracht, die das Burdigal in geringer Teufe erreichten (meist 10—20 m). Darunter folgten in einigen Bohrungen als oberste Cyrenenschichten die Heimbergschichten, hellbläulichgraue, feinstsandige Mergel mit Schalenresten und Kohlehäcksel auf den Schichtflächen. Ihr Schlämmrückstand bestand aus Cerithienbruchstücken, Quarzkörnern und verkittetem Feinstsand, der k e i n e n Glaukonit enthielt. Im Rückstand fiel vor allem das massenhafte Auftreten von *Rotalia beccarii* (L.) auf.

Das hangende Burdigal bestand aus einer Serie mehr oder weniger glaukonitreicher Sande mit meist kalzitischem Bindemittel, die vereinzelt Austernbruchstücke führten. Diese grünlichgrauen bis bräunlichgrauen, feinkörnigen Sandsteine enthielten keine Mikrofossilien. Ihre Ausbildung läßt sich am besten mit den Glaukonitsandsteinen des Burdigals vergleichen, wie sie u. a. im Leitzach-Tal anstehen.

Darunter wurden in einer Bohrung hellblaugraue, feinstsandige Tonmergel angetroffen, die die erwähnte Einschwemmungen älterer Foraminiferen bargen.

In der Bohrung 33 der Innstufe Rosenheim wurde in einer Teufe von 29.30—32.50 m ein hellblaugrauer, feinstsandiger Tonmergel erbohrt, dessen Rückstand aus verkittetem Feinstsand, Glimmer und G l a u k o n i t bestand. An organischen Resten fanden sich zierliche Schwammnadeln und -rhaxen, die sicher nicht umgelagert sein können, sowie eine spärliche autochthone Faunula, die sich fast genau aus *Rotalia beccarii* (L.) zusammensetzt. Die allochthonen Komponenten waren durch Globigerinen, Globotruncanen und eine eindeutige *Camerina* sp. vertreten (T. 3, Abb. 3). Daneben konnte ich noch weitere, allerdings unbestimmbare Reste eingeschwemmter Foraminiferen entdecken. Die genannten Formen weisen eindeutig auf umgelagertes Senon und Eozän hin.

Aus derselben Bohrung lag mir außerdem aus einer Teufe von 22.70—29.30 m eine Spülprobe vor, die ebenfalls neben autochthonen Faunenelementen wie *Rotalia beccarii* (L.), Schwammnadeln, einem Ostracodenbruchstück und verkiesten Diatomeen (*Coscinodiscus* sp.) Globigerinen aus dem Eozän enthielt.

Ich möchte die genannten Kerne auf Grund dieses Befundes in die Cyrenenschichten stellen. Sie besitzen demnach aquitanes Alter. Es käme allenfalls noch Burdigal für eine Einordnung in Frage. Gegen Burdigal spricht aber das Auftreten der Cyrenenschichten mit ihrer Massenpopulation von *Rotalia beccarii* (L.). Es handelt sich sicher um einen brackischen Horizont, wenn auch mit leicht marinem Einschlag. Der Glaukonitgehalt beweist wenig, da er sehr wohl quantitativ umgelagert sein kann. Innerhalb des Burdigals sind aber bis heute noch keine Einschaltungen brackischer Ablagerungen in der Fazies der Cyrenen-Schichten bekannt; außerdem spricht schon die relativ große Teufe der Bohrung 33 (Endteufe 32.50 m) für einen tieferen Horizont.

Bezeichnend ist die östliche Lage der erwähnten Heimbergschichten, die auf Grund dieses Fundes somit auch O. des Inns ausgebildet sind.

Das umgelagerte Material entstammt mit Sicherheit dem wenige Kilometer südlich anstehenden Helvetikum im Raum von Neubeuern. Die Angaben wie „Senon" und „Eozän" aber lassen sich in diesem Falle noch weiter einengen, da ich die helvetische Kreide-Eozänserie von Neubeuern a. Inn bereits im Maßstab 1 : 5000 aufgenommen habe. Danach wurden helvetische Leistmergel des Quadratensenons und Stockletten des Auversiens aufbereitet und ihr Mikrofossilinhalt in die Molassevortiefe im S. von Rosenheim eingeschwemmt. Auch hier scheinen die Umlagerungsvorgänge zunächst die nördliche helvetische Fazieszone, die ich im Gebiet von Neubeuern ausscheiden konnte, betroffen zu haben, während Anzeichen einer südlichen Komponente in diesen Proben auch hier wieder fehlen.

In der Bohrung Rosenheim 9 a wurde ferner an der Liegendgrenze des Diluviums gegen das Tertiär ein Geröll eines hellen, feinkörnigen Lithothamnienschuttkalkes mit vereinzelten Quarzkörnern und Glaukonit erbohrt (Teufe 19.40 m). Die erfolgte Dünnschliffuntersuchung erwies dieses Gestein als helvetisches Mitteleozän, das entweder im Diluvium oder im Burdigal (?) auf diese sekundäre Lagerstätte verfrachtet wurde und ebenfalls aus dem Helvetikum von Neubeuern hergeleitet werden muß. —

d. Kaltenbach-Graben bei Miesbach

Sicher burdigales Alter haben die grobkörnigen tonigen Sandmergel des Kaltenbach-Grabens, da sie von HÖLZL eindeutig auf Grund ihrer überaus reichen Makrofauna eingestuft werden konnten. Der gröbere Schlämmrückstand dieser Schichten enthält nicht selten aufgearbeitete Nummuliten und Assilinen, deren Innenbau durch Abrollung und mechanische Beschädigung teilweise gut aufgeschlossen ist, was sich besonders bei den Septalstreifen und in der Polgegend für die Bestimmung günstig auswirkt. (Taf. 4, Abb. 4 u. 5).

Bei den Nummuliten des Kaltenbach-Grabens handelt es sich um sehr kleine, nichtgranulierte Formen mit einfachen, nicht gegabelten, meist etwas gebogenen Septalstreifen (Gruppe der *Striati*), die der *Camerina globulus* (LEYN.) wohl am nächsten stehen. Infolge der starken Abrollung erscheinen die vorliegenden Exemplare wesentlich kleiner als Formen sicherer autochthoner Vorkommen. Die teilweise ebenfalls nur fragmentär vorliegenden Assilinen lassen sich ihrerseits ohne weiteres mit *Assilina exponens* (SOW.) Form A (= *Assilina mammillata* [D'ARCH.]) in Beziehung bringen. Zugleich konnte ich noch einen *Robulus* isolieren, wie er in den Nummulitenschichten nicht selten vorkommt.

Auch diese Funde muß man mit helvetischen Vorkommen in Beziehung bringen, wobei vor allem zu bemerken ist, daß diese Einschwemmungen nicht mehr am Südrand der Molasse, wie in den beiden letzten Fällen, sondern schon sehr weit im N. liegen. Die genannte Probe wurde einem Aufschluß entnommen, der eine reiche Makrofauna geliefert hat. Neben zahlreichen rein marinen Formen fand HÖLZL, laut freundlicher mündlicher Mitteilung, auch brackische Fossilien wie Cyrenen; daneben kamen, wenn auch als große Seltenheit, eingeschwemmte Zähne von Zwerghirsch vor. Es liegt in diesem Fall nahe, an Ästuare zu denken, die einerseits den Lebensraum für die Cyrenen abgegeben hätten bzw. an derem Ufer sich die genannten Säuger aufhielten, zum anderen aber helvetisches Material weit von S. her in das Burdigalmeer hineinverfrachteten.

e. Schwaig a. d. Osterseen

Einen ähnlichen Fund burdigalen Alters stellen Discocyclinenreste dar, die in Schliffen aus Bryozoenkalken von Schwaig a. d. Osterseen angetroffen wurden. Das Gestein ist erfüllt mit Bryozoen, die teilweise in stattlichen Knollen vorkommen. Bruchstücke von Muschelschalen und Echinodermenreste sind häufig, Lithothamnienfragmente treten zuweilen reichlicher auf. Discocyclinen konnten in drei Schliffen beobachtet werden; ein kleineres Geröll bestand ganz aus Lateralkammern. Foraminiferen scheinen primär zu fehlen.

Stellenweise sind dem Gestein Quarzkörner reichlicher eingelagert, so daß es in Muschelsandstein übergeht. Weit verbreitet sind kleine Gerölle, die u. a. aus Sandkalken und anderen Flyschgesteinen bestehen. Häufig enthalten sie Spongiennadeln. Zuweilen zeigen sie eine dünne, limonitische Rinde, was auf Verwitterung vor der Einbettung hindeutet. Nachdem Flyschgesteine nicht selten als Gerölle auftreten, wird man die Discocyclinen und mit ihnen die Lithothamnienreste wohl auf helvetisches Eozän beziehen können. Bemerkenswert ist auch hier wieder die nördliche Lage des Fundes.

f. Tiefbohrung Tölz 1

Die wesentlichsten geologischen Ergebnisse dieser Bohrung hat SCHMIDT-THOMÉ (1949, p. 22) kurz erwähnt. Im folgenden möchte ich meine Ausführungen so kurz wie möglich halten, da meines Wissens Herr Dr. HECHT eine Darstellung der geologischen und mikropaläontologischen Resultate dieser Bohrung plant.

Es wurden u. a. grünliche, harte Mergel durchsunken, die ihrer Lagerung nach der Oberen Bunten Molasse angehörten und von fossilreichen Cyrenenschichten tektonisch überlagert wurden. Proben dieser Mergel verdanke ich ebenfalls Herrn Prof. Dr. J. KNAUER. Sie zeigen unregelmäßige olivbraune Flecken und hatten einen scharfen, splittrigen Bruch, zerfielen aber in Wasser ziemlich bald.

Die genannten Mergel, ihrer Zugehörigkeit zur Oberen Bunten Molasse nach Aquitan, führten in der Kernstrecke von 860—1565 m in größerer Menge Foraminiferen, die sich gut mit Arten aus der Oberkreide vergleichen ließen, wie dies auch HECHT als erster getan hat. Für umgelagertes Senon sprechen vor allem Formen wie *Neoflabellina* sp., *Gümbelina* sp., *Stensiöina pommerana* BROTZEN, *S. exsculpta* (REUSS), *Frondicularia* cf. *inversa* REUSS, *Globorotalites* sp., *Globigerinella aspera* (EHR.), *Bolivina incrassata* REUSS. var. *gigantea* WICHER, *Gyroidina* sp. sowie *Globotruncana* sp., die alle auf Taf. 2, Fig. 2 abgebildet sind. Daneben kommen noch Arten der Gattungen *Verneuilina, Arenobulimina, Gavelinella, Ammodiscus, Dentalina* und *Nodosaria* zusammen mit umgelagerten Inoceramenprismen vor. Neben Obersenon (Obercampan - Maastricht der Pattenauer-Gerhardsreuter Schichten) scheinen auch tiefere Horizonte des Senons durch Foraminiferen belegt (Leistmergel). Eozänforaminiferen treten dagegen seltener auf; am häufigsten sind noch Globigerinen vom Typus der *Gl. bulloides* D'ORB. Die Erhaltung der umgelagerten Gehäuse ist stellenweise relativ gut, in einigen Teufen aber auch recht mangelhaft; durchwegs ist aber allen Schalen eine gelbliche Färbung eigen.

Auffällig ist, daß die Fossilschüttungen in einer gewissen Teufe plötzlich aufhören, obwohl die lithologische Eigenart des Gesteins zunächst unverändert in die Tiefe fortsetzt. Dies ist allein schon ein deutliches Anzeichen für Umlagerungen älterer Faunen und Wiedereinbettung in jüngere Sedimente.

Ebenfalls der Oberen Bunten Molasse gehören konglomeratische Kalksandsteine der Teufe 903 m an. Dieses Gestein zeigt im Schliff vererzte, fragmentäre Nummuliten (Taf. 5, Abb. 8 u. 9), Discocyclinen und andere umgelagerte Foraminiferen sowie Reste von Bryozoen. Besonders bezeichnend sind kleine Gerölle eines vererzten eozänen Kalkes. Helle und dunkle Dolomite „unbekannter Herkunft" wie auch Gerölle von Gangquarzen, wie sie für die ältere Molasse bezeichnend sind (BODEN 1925 u. a.), sind dem Material keineswegs selten eingestreut.

Die Schüttungen dieser Vorkommen fallen vor allem durch ihre Intensität auf. Es wurden ganze Fossilgemeinschaften umgelagert, die sich freilich durch ihren schlechteren Erhaltungszustand von Kreidefaunen auf primärer Lagerstätte unterscheiden. Zum ersten Mal begegnen wir ferner Anzeichen dafür, daß auch Gesteine südlicher helvetischer Gebiete von der Zerstörung miterfaßt wurden. Besonders bezeichnend sind in diesem Zusammenhang die kleinen Gerölle des erzführenden Kalkes. Im übrigen liegt auch dieses Vorkommen weit im N., — am Nordflügel der Miesbacher Mulde —, während die nächsten, heutzutage anstehenden Aufschlüsse im Helvetikum immerhin erst am Nordfuß des Blombergs bei Tölz zu suchen sind.

g. Bunte Molasse im westlichen Oberbayern

Aus der Unteren Bunten Molasse von Roßhaupten a. L. lag mir eine Serie von Bohrkernen vor, die ich ebenfalls Herrn Prof. Dr. J. KNAUER verdanke; auch sie wurden auf Foraminiferen untersucht. Es handelte sich um bunte Mergel mit wechselndem Sand- und Glimmergehalt. Die vorherrschenden Farbtöne waren grau, rötlich geflammt und olivbraun; ausnahmsweise stellten sich auch schwärzliche Färbungen ein. Einer der Bohrkerne, ein schwarzer, flasriger Tonmergel, lieferte Characeen-Oogonien. Die meisten der Proben waren völlig frei von Mikrofossilien; nur einige wenige zeigten einen geringen Gehalt an Foraminiferen, deren Gehäuse stark korrodiert bzw. zerbrochen waren. An der unregelmäßigen Verteilung der Mikrofossilien in den einzelnen Proben und an der Art ihrer Erhaltung ließ sich erkennen, daß man es eindeutig mit umgelagerten Foraminiferen zu tun hat, während an eine marine Natur der vorliegenden Gesteinsserie n i c h t gedacht werden kann.

Eine Probe aus der Unteren Bunten Molasse vom Wertach-Südufer auf Blatt Nesselwang (Allgäu), die Herr Prof. Dr. E. KRAUS aufgesammelt hat, enthielt, wenn auch wieder nur in geringer Menge, ebenfalls umgelagerte Foraminiferen und Glaukonit. Die Foraminiferengehäuse lagen ähnlich wie in der Bunten Molasse von Tölz 1 in einem gelblichen Erhaltungszustand vor. Umgelagerte Foraminiferen, nämlich kleine, schlecht erhaltene Globigerinen, lieferte ferner eine Probe aus der Oberen Bunten Molasse der Rottenbucher Mulde NO. Ammer-Mühle, die ich Herrn Dr. H. ZÖBELEIN verdanke. In all diesen Fällen waren die Einschwemmungen wenig ergiebig und die einzelnen Schalen so schlecht erhalten, daß von einer Abbildung an dieser Stelle abgesehen wurde. Das Vor-

handensein marinen Feinstmaterials auch in diesen Proben der Bunten Molasse beweist erneut die weite Verbreitung der genannten Umlagerungsvorgänge.

h. Vorarlberg

Foraminiferen aus der Bunten Molasse Vorarlbergs hat MUHEIM (1934) bekannt gemacht. Die Weißach- und Steigbach-, seltener die Kojenschichten, führen stellenweise Foraminiferen und Glaukonit. Dieses Mineral kann sich örtlich derart anreichern, daß MUHEIM ernstlich in Betracht zog, ob nicht „sämtliche über der Unteren Meeresmolasse auftretenden Horizonte ebenfalls mehr oder weniger mariner Entstehung seien". Von Foraminiferen erwähnt er aus diesen Schichten u. a.: *Globigerina, Miliolina, Rotalia, Textularia, Discorbina,* und endlich *Nodosaria* —, alles Gattungen, die in dieser Form ohne spezifische Bestimmung eine Entscheidung, ob es sich um tertiäre oder kretazische Formen handelt, nicht zulassen. Bedenklicher müssen dagegen Orthophragminenreste (= *Discocyclina* s. str.) stimmen, die MUHEIM ebenfalls fand. Diese Gattung macht, wenn sie im Aquitan auftritt, die Annahme einer Umlagerung notwendig.

D. Zum Wesen der Umlagerungsvorgänge

1. Aufarbeitung und sortierter Schalenschutt bei fossilen Foraminiferen

In dem Maße, wie unsere Kenntnis über die Horizontbeständigkeit einzelner Foraminiferenarten zunimmt (u. a. WICHER 1939, WEDEKIND 1940, BARTENSTEIN 1948, HILTERMANN und KOCH 1950), sind wir immer mehr in der Lage, Angaben über die Herkunft von Einzelformen bzw. ganzen Faunenteilen in fremden Biocönosen zu machen. Der Begriff der Aufarbeitung und Umlagerung selbst umfaßt eine Fülle von Vorgängen, die gleichsam innerhalb einer Spanne zwischen zwei Extremen liegen, nämlich ungestörte Lagerung und Einbettung einerseits und völlige Vermengung zweier verschieden alter Faunen andererseits. Dabei sind alle nur denkbaren Übergänge möglich.

Diese Vorgänge, die letzten Endes für die Zusammensetzung der Thanatocönosen im Ausleseschälchen des Mikropaläontologen ausschlaggebend sind, beginnen im Grunde genommen bereits damit, daß die Gehäuse planktonischer Foraminiferen nach deren Absterben mit dem normalen Benthos, soweit ein solches natürlich vorhanden war, vermischt werden, und dadurch eine Totengemeinschaft entsteht. Eine andere Modifikation kommt insofern zustande, als z. B. Globigerinen durch den Wellenschlag verfrachtet werden können und auf diese Weise in litorale Sedimente geraten. Einen weiteren Schritt in dieser Richtung stellt die Möglichkeit dar, daß ganze Faunen von Bodenströmungen erfaßt und in Mulden des Meeresbodens oder an Hindernissen wieder abgesetzt werden, wenn die Transportkraft des Wassers nachläßt. Bei diesem Vorgang können größere Formen zerbrochen werden, was eine weitere Umprägung des Faunenbildes zur Folge hat: einer Anzahl gut erhaltener, kleinerer oder junger Gehäuse stehen korrodierte Bruchstücke größerer oder erwachsener Arten gegenüber. Ist die Sedimentationsgeschwindigkeit sehr gering, so könnte es u. U. zu einer Art stratigraphischen Kondensation kommen. Werden nur Formen bestimmter Größe vom Wellenschlag erfaßt und größere Schalen weitgehend in

die betreffenden Fraktionen zerbrochen, so entsteht ein sortierter Schalenschutt, der eine Folge einseitiger Auslese, in diesem Falle nach der Größe und damit gravitativ, ist. Auf diese Weise kann man sich auch das massenhafte Auftreten kleiner, makrosphärischer Nummuliten in gewissen Ablagerungen des Alttertiärs erklären, während ähnliche, benachbarte Schichten nur große Schalen der mikrosphärischen Generation führen. Endlich aber können ältere Sedimente in einen jüngeren Ablagerungsraum gelangen, — die geologischen Bedingungen hierfür können mannigfacher Art sein —, wobei sie durch die natürliche Wellenbewegung aufbereitet und geschlämmt werden. Die so mehr oder weniger isolierten Gehäuse können dann mit einer autochthonen Fauna vermischt werden. In den meisten Fällen wird der Erhaltungszustand der eingeschwemmten Formen schlechter sein als der der jüngeren Fauna und dadurch eine Trennung in autochthon und allochthon zulassen, was im allgemeinen schon durch die fortgeschrittenere Diagenese und Umkristallisation der älteren Formen ermöglicht wird.

a. Aufarbeitung und Umlagerung von Foraminiferen

A. SENN hat sich eingehend mit Umlagerungsvorgängen und ihrer Bedeutung für die Mikrobiostratigraphie befaßt. Er unterscheidet eine Aufarbeitung der betreffenden Gesteine durch fließende Medien von einer solchen durch stehende Gewässer wie Seen oder Meere. Da seine Beobachtungen von außerordentlicher Bedeutung für die Mikropaläontologie sind, sollen einige seiner Ergebnisse an dieser Stelle noch einmal kurz dargestellt werden.

Erodiert z. B. ein Fluß in foraminiferenführenden Mergeln oder Tonen, so werden die einzelnen Schälchen mehr oder weniger isoliert und mitgeführt. Wird die Strömungsgeschwindigkeit des Transportmediums zu klein, so sinken sie zu Boden und werden abgesetzt. War das Meer als Erosionsbasis noch nicht erreicht, so geraten sie naturgemäß in Alluvialbildungen; es resultieren „alluviale Foraminiferenmergel", wie sie SENN aus Ost-Falcòn (Venezuela) bekannt gemacht hat. Solche Bildungen, die SENN „Tonkörnerbreccien" nennt, bestehen petrographisch aus kleinsten, rundlichen Tonkörnern, glänzenden, gutgerundeten Limonit- und Glaukonitkörnern und ausgebleichten, abgeriebenen und zerbrochenen Foraminiferen. In solchen „Foraminiferengeröllen" sind die buntesten Faunenassoziationen zu erwarten.

Erodierte Formen, die einen längeren Transport hinter sich haben, sind an ihrer schlechten Erhaltung ohne weiteres zu erkennen. Erodiert ein Fluß aber erst kurz vor der Küste, so kann die Unterscheidung von autochthonen Faunen auf Grund des Erhaltungszustandes recht schwierig werden.

Eine Art Feinschichtung kommt dadurch zustande, daß bei Niederwasser keine Foraminiferen mehr ins Meer gelangen: es resultiert eine unverfälschte autochthone Fauna. Bei Hochwasser werden fremde Formen erneut eingeschwemmt: eine Mischfauna ist die Folge. So gelang es SENN, in einer „Wildcat"-Bohrung in Ost-Falcòn dünne Lagen mit alttertiären Faunenelementen inmitten autochthoner miozäner Faunen festzustellen [1]).

[1]) Eine ähnliche Feinschichtung autochthoner und allochthoner Faunen beschreibt neuerdings BETTENSTAEDT (1949, p. 150, 151 und 155) von Nordwestdeutschland. So wurde in dem einen Fall Untereozän 1 in Untereozän 4, in einem anderen Fall Maastricht in Paleozän lagenweise aufgearbeitet.

Endlich kann die Herauslösung der Foraminiferen durch stehende Gewässer erfolgen. Die Küste kann aus hohen Kliffs gebildet werden, von denen zur Regenzeit Erdschlipfe ins Meer niedergehen, die große Mengen Foraminiferenmergel mit sich führen. Durch die Wellenbewegung werden die Mergel geschlämmt und die Foraminiferen in Schwebe gehalten. Auf diese Weise können sie große Entfernungen überwinden; den größten Weg werden jedoch die Formen zurücklegen, die morphologisch zum passiven Schwimmen geeignet sind. Dabei können die aufgearbeiteten Formen den autochthonen an Zahl überlegen sein, wenn das aufgearbeitete Muttergestein sehr reich an Foraminiferen war.

Man erkennt unschwer Parallelen zur Sedimentpetrographie. Schwerere, plumpe Formen werden früher wieder abgesetzt als solche, die sich dank ihrer Form mehr für eine Verfrachtung eignen. Die einen werden gravitativ angereichert und es kommt zu einer Art „Seifenbildung", während andere eine verzögerte Sedimentation erleiden.

Daß die gute Erhaltung umgelagerter Formen früher Zweifel an einer möglichen Aufarbeitung hervorgerufen hat, beweist die Paleozänfauna des Krappfeldes in Kärnten, die LIEBUS (1927) beschrieben hat. Während dieser Autor auf Grund der guten Erhaltung von Kreidearten wie *Bolivina incrassata* REUSS u. a. glaubte, daß „die vorliegende Fauna in Wirklichkeit ein Gemisch von noch persistierenden Kreidetypen mit bereits auftretenden tertiären Formen darstellt" und sich somit gegen jede Aufarbeitung ausspricht, nimmt ARNI (1933) Umlagerungsvorgänge an, eine Ansicht, der sich dann THALMANN in seiner Betrachtung über den stratigraphischen Wert der Gattung *Globotruncana* (1934) angeschlossen hat.

THALMANN hat überdies gezeigt, daß manche Foraminiferen gegen mechanische Beanspruchung recht unempfindlich sein können (1935); so lassen sich z. B. *Hantkenina longispina* CUSHM. oder *Rotalia longispinosa* THALM. ohne Gefahr einer Beschädigung mit dem Daumen auf einem Metallsieb bearbeiten. Für die Frage der Aufarbeitung können solche Kenntnisse von großem Wert sein.

Nicht immer wird man von einer aufgearbeiteten Fauna verlangen können, daß noch Reste von Muttergestein an den isolierten und umgebetteten Schalen haften und so eine Bestimmung der Herkunft erleichtern. Am ehesten wird das noch bei Großforaminiferen der Fall sein. Freilich verleiht diese Forderung den Bestimmungen einen hohen Grad von Sicherheit, zumal die Kammerfüllung mit fremdem Sediment nicht immer stichhaltig ist, da sie in erster Linie eine Funktion der Größe der Mundöffnung darstellt. Erschwerend kommt noch hinzu, daß sich solche Merkmale nur im Schliff studieren lassen.

b. Sortierter Schalenschutt

Nicht minder aufschlußreich sind die Vorgänge, die zur Bildung von Schalenschutt i. e. S. führen, da auch sie auf der Zerstörung und Umprägung einer ehemaligen Biocönose beruhen. Man ist versucht, in dieser Hinsicht geradezu von einer „unvollkommenen Aufarbeitung" zu sprechen, da sich diese Vorgänge sozusagen nur an der Oberfläche bewegen. Freilich sind diese Fälle für den Paläontologen weitaus erfreulicher, ermöglichen doch derartige Ansammlungen fossilen Schalenmaterials oft genug erst eine erschöpfende systematische

oder phylogenetische Bearbeitung einer Fauna, ohne daß wirklich verschieden alte Formen miteinander vermengt wurden.

Auch diese Vorgänge haben Eingang in die Literatur gefunden. So erklärt ARNI (1939) in seinem Abschnitt „Zur Frage der Autochthonie einer Foraminiferenfauna" das häufig getrennte Auftreten der beiden Nummulitengenerationen damit, daß eben die kleineren, makrosphärischen Individuen durch mechanische Auslese verfrachtet und an anderer Stelle wieder abgesetzt wurden, während die schweren Schalen der B-Generation zurückblieben und auf diese Weise eine gewisse Anreicherung erfuhren. Es kommt zur Bildung eines sortierten Schalenschutts. ARNI kam zu seinen Ergebnissen bei der Bearbeitung der paleozänen Nummulitenfaunen des Ruchbergsandsteins im Prätigauflysch; eine weitere Gültigkeit haben sie u. a. bei den Vorkommen von Fidersberg (Schwyzer Alpen).

ROZLOZSNIK machte bei seinen Nummulinenstudien ähnliche Beobachtungen (1927, p. 93): „Man könnte daher auch auf eine durch den Wellenschlag oder durch Meeresströmungen erfolgte, rein mechanische Separation der Schalen denken". Diese Anschauungen gehen nach einer Äußerung dieses Autors z. T. schon auf MUNIER-CHALMAS zurück. Unzutreffend dürften dagegen die Ansichten ARN. HEIM's sein (1908), der in der Trennung der beiden Generationen eine biologische Ursache erblicken wollte, etwa in der Richtung, daß beide Generationen ein getrenntes Biotop bewohnt hätten.

Daß diese Vorgänge nicht etwa auf das Alttertiär beschränkt waren, beweist eine Arbeit von F. & G. KAHLER über die Fusuliniden der Karnischen Alpen. Auch hier wird die Ansicht vertreten, „es könnten auch die Aufbereitungsvorgänge vor der Einbettung die leichteren Schalen von den schwereren getrennt haben". Hier sind es permische Paraschwagerinen des Roten Trogkofelkalkes der Karnischen Alpen, für die sogar noch geregelte Einbettung festgestellt wurde.

Auf die Anreicherung von Mikrofossilien durch Strömungen, die u. U. ökologische und faunistische Probleme vortäuschen könnten, wies L. RIEDEL anläßlich einer Entgegnung an HENSOLDT hin (1938). Damit hängt auch die bekannte Tatsache zusammen, daß verschiedene Bänke eines Horizontes verschiedene Faunen führen können und daß man aus einer einzelnen Probe nie die gesamte Fauna einer Schicht gewinnen kann. —

2. Zum Problem der Bunten Molasse

Die Ansichten MUHEIM's und M. RICHTER's über die marine Entstehung der Bunten Molasse sind heute als überholt anzusehen. Es liegen inzwischen von mikropaläontologischer Seite so zahlreiche Beweise für erfolgte Umlagerung vor, daß eine derartige Annahme nicht mehr haltbar erscheint. Zudem hatte sich E. KRAUS schon frühzeitig für ähnliche Vorgänge ausgesprochen. Er schrieb bereits 1935 in den Eclogae: „Die Durchmischung der untern Süßwassermolasse in Vorarlberg mit marinem Feinstmaterial aus Glaukonit und Foraminiferen bei Abwesenheit irgendeiner bodenständigen Meeresfauna, von Austern, Bohrmuschellöchern, Haizähnen u. a. in den Landschneckenmergeln scheint mir keineswegs eine marine Entstehung der untern Süßwassermolasse, sondern nur Umlagerungsvorgänge zu beweisen."

Die Arbeit SENN's gestattet uns, den Fazieschарakter der Bunten Molasse noch eingehender festzulegen. Das Meer war als Erosionsbasis noch nicht erreicht; die isolierten Foraminiferengehäuse wurden daher in Seen und Tümpeln zum Absatz gebracht, in die häufig genug auch Landschnecken eingeschwemmt wurden. Glaukonit konnte sich lokal stark anreichern. Es entstanden auf diese Weise die limnischen Foraminiferenmergel der Bunten Molasse, die mit den „alluvialen Foraminiferenmergeln" im Sinne SENN's in Beziehung gebracht werden können und geradezu deren fossile Äquivalente darstellen.

Neuerdings konnte ich im Gebiet von Neubeuern a. Inn echte alluviale Foraminiferenmergel auffinden [1]). Ich werde darüber an anderer Stelle eingehender berichten. Im Pinswanger Graben bei Neubeuern erodiert ein Bach in seinem Mittellauf nacheinander Stockletten, Lithothamnienkalk, Stockletten, Leistmergel, wieder Stockletten und schließlich Gerhardsreuter Schichten. Proben aus dem Unterlauf des Baches zeigten nun tatsächlich eine Foraminiferenassoziation sämtlicher bis dahin erodierter Mergel. Formen des Quadratensenons lagen neben solchen des Maastrichts oder des Auversiens. Zudem lieferte der Schlämmrückstand dieses alluvialen Sediments, ein heller, mergeliger Schlamm, eine Menge Landschneckenschalen, die von den benachbarten schattigen Hängen eingeschwemmt worden waren. Käme dieses Sediment nach seiner Diagenese in die Hände eines Paläontologen, so müßte sich auch dieser bei seiner Beurteilung zwischen limnischer bzw. fluviatiler und mariner Entstehung entscheiden. Schon dieser Fund allein würde genügen, um eine marine Natur der Bunten Molasse *ad absurdum* zu führen.

Das Glaukonitproblem selbst soll an anderer Stelle eine zusammenhängende Darstellung erfahren. Glaukonit wird bei Umlagerungen marinen Feinstmaterials besonders häufig, oft noch als Einschluß in Sandsteinbröckchen, angetroffen. Ob dieses Mineral freilich als frachtempfindlich oder im Gegenteil als umlagerungsresistent angesehen werden muß, ist bis heute noch nicht klar entschieden. Vorläufig muß auf die Zusammenstellung bei H. H. RENZ (1937) verwiesen werden, der sogar eine authigene Bildung des Glaukonits im Süßwasser selbst in Betracht zieht. Zur Frage der limnischen Entstehung des Glaukonits ist eine Notiz BODEN's von Interesse (1935), nach der sich durch Verwitterung aus Biotit Chlorite bilden können, die manchen Glaukoniten außerordentlich ähnlich sehen, optisch von ihnen aber unterschieden werden können, besonders wenn Erz- und Rutileinschlüsse sowie die frühere Spaltbarkeit andeutungsweise noch erkannt werden können.

[1]) Nach einer brieflichen Mitteilung von Herrn Dr. Bartenstein sind alluviale Foraminiferenmergel von anderen Fundpunkten schon seit einiger Zeit bekannt. Er nennt in diesem Zusammenhang vor allem „Nummulitentone" des Sur-Tals der Gegend von Teisendorf sowie foraminiferenführende Alluvialsedimente des Inn-Tals bei Perach.

E. Bau und Beschaffenheit des schuttliefernden Hinterlandes der Molasse

1. Die Beziehungen der Mikropaläontologie zur Geröllanalyse

Wiederholte Male wurde bereits auf die engen Beziehungen der vorliegenden Untersuchungen zur Geröllanalyse hingewiesen. In der Tat ersetzt die Mikropaläontologie Gerölluntersuchungen in keiner Weise, sie ergänzt diese vielmehr in mancherlei Hinsicht. Für das bayrische Molassegebiet sind die zahlreichen Arbeiten BODEN's (1925, 1926, 1931, 1935) wegweisend; ihre Kritik durch M. RICHTER (1937) ist wenig stichhaltig. Die Schlüsse, die BODEN aus seinen Untersuchungen ableitete, decken sich auffallend gut mit den Ergebnissen, die in der vorliegenden Arbeit gewonnen werden konnten.

Einige kleinere Unterschiede bestehen trotzdem; sie beruhen aber ausschließlich auf den unterschiedlichen Arbeitsmethoden. Es sind überwiegend mechanische Probleme, die sich geltend machen. Eine Gerölluntersuchung ist auf grobklastische, reichliche Fördermengen aus einem stark erodierten Hinterland angewiesen. Dieser Umstand wird umso klarer, wenn man bedenkt, daß für die Aufschüttung von Schuttkegeln, wie sie u. a. in den Flinzkonglomeraten vorliegen, ein starkes Gefälle im Rückland Vorbedingung ist, das seinerseits orogenetische Bewegungen im Einzugsgebiet voraussetzt. Das gesamte feinere Material aber, das zwischendurch, also in Zeiten „orogenetischer Ruhe" gefördert wurde, geht bei dieser Art der Untersuchung mehr oder weniger verloren. Zudem sind viele Gesteine keineswegs geeignet, in Geröllform weiter transportiert zu werden. Man denke nur an die weichen Mergel der helvetischen Kreide-Eozänserie. Gerade sie enthalten das gesuchte Feinstmaterial, das uns gestattet, auf diesem Wege die Ergebnisse der Geröllanalyse zu verfeinern und zu vervollkommnen.

2. Das Einsetzen der Hauptschüttungen aus dem Helvetikum

Bereits eingangs wurde es als eine wesentliche Aufgabe dieser Arbeit bezeichnet, das Einsetzen der ersten bedeutenden Schüttungen aus dem helvetischen Rückland zu ermitteln, um aus diesen Daten weitere Schlüsse alpengeologischer Art zu ziehen. Faßt man die bis heute bekannten Vorkommen allochthoner Foraminiferen am nördlichen Alpenrand zusammen, die hier in der subalpinen Molasse auf sekundärer Lagerstätte liegen, so gehören dem Torton-Sarmat die Einschwemmungen von Burgkirchen bei Burghausen an, während die Funde vom Thalberg-Graben, vom Kaltenbach-Graben und von Schwaig a. d. Osterseen burdigales Alter besitzen. Ins Aquitan zu stellen sind die allochthonen Faunen der Bohrung Rosenheim 33, der Tiefbohrung Tölz 1 und die Vorkommen der Bunten Molasse von Vorarlberg. Die Funde aus der Unteren Bunten Molasse von Roßhaupten a. L. und von Nesselwang sind spärlich

und gehören dem Unteren Aquitan an[1]). In den marinen und brackischen Horizonten dominieren die fremden Formen zahlenmäßig weit über die meist stark zurücktretenden bodenständigen Lebensgemeinschaften, wogegen die eingeschwemmten Faunen in der Bunten Molasse und in der Oberen Süßwassermolasse die einzigen Mikrofossilien sind.

BODEN konnte auf Grund seiner Gerölluntersuchungen in der oberbayrischen Molasse für das Einsetzen der Hauptschüttungen burdigales Alter ermitteln. Dadurch, daß in Oberbayern die Cyrenenschichten verhältnismäßig arm an Geröllen sind, mußte BODEN zu diesem Ergebnis kommen. Dem entspricht aber nicht ganz das Verhalten der eingeschwemmten Mikrofossilien; es konnte vielmehr gezeigt werden, daß namhafte Einschwemmungen bereits im Aquitan erfolgt waren. Der Beginn dieser Ereignisse fällt demnach nicht mit der Basis des Burdigals zusammen, sondern muß eher an die Untergrenze des Aquitans gelegt werden. Daß dann besonders im Burdigal gewaltige Mengen helvetischen Materials der Zerstörung anheimfielen und in den sich im N. eintiefenden Molassetrog eingeflößt wurden, dafür erbringen Mikropaläontologie wie Geröllanalyse eine Fülle eindringlicher Beweise.

Rupel und Chatt sind auffällig arm an helvetischen Geröllen, wie BODEN erkannte. Umgelagerte Foraminiferen sind aus diesen Horizonten aber ebenfalls nicht oder jedenfalls noch nicht bekannt. Auch hier ergeben sich somit Übereinstimmungen zu den Ergebnissen der Geröllanalyse. Vereinzelte Funde können dagegen von Fall zu Fall auch aus der Tonmergelstufe sowie aus dem Chatt erwartet werden [2]). Die spärlichen Einschwemmungen aus der Unteren Bunten Molasse von Roßhaupten und Nesselwang deuten ebenfalls auf ein Nachlassen der Schüttungsintensität in den tieferen Horizonten. Das alles weist darauf hin, daß im Rupel und Chatt die Bodenbewegungen im S. noch zu gering waren, als daß Gesteine des Hinterlandes in nennenswertem Umfang in den Molassetrog hätten gelangen können. Vielleicht hat aber auch eine bestehende Landschwelle im S. an der Grenze zum Helvetikum die Einschwemmung von Fremdmaterial in diesen Ablagerungsraum verhindert, eine Barre, die dann im Laufe des Aquitans durch Abtragung immer mehr und mehr ihre Bedeutung verloren hätte. Für das Chatt der Bausteinzone liegt es nahe, an eine Schwelle zu denken, die mit Sicherheit die Sedimentation im Chatt, sehr viel weniger intensiv im Aquitan und dann im Miozän beeinflußt hat und von der man die „Dolomite unbekannter Herkunft" ableiten könnte. Diese Schwelle ist zumindest teilweise ident mit dem „Vindelizischen Gebirge" zahlreicher Autoren, das sich im jüngeren Mesozoikum und mehr noch im Alttertiär in zahlreiche Teilschwellen aufgelöst hat, so daß auch hier die Beobachtungen BODEN's voll und ganz zutreffen.

[1]) Inwieweit die hier gewonnenen Erfahrungen bereits geeignet sind, die Stellung des Aquitans und seine Beziehungen zum Miozän zu klären, läßt sich heute noch nicht sagen. R. DEHM hat kürzlich (1949) klar gezeigt, daß der Begriff des Aquitans fast 100 Jahre nach seiner Aufstellung durch MAYER (1853) immer noch sehr umstritten ist. Zum Zwecke einer endgültigen Klärung müßte zunächst das Typusprofil von Ajoie in der Nordwestschweiz auf seine Beziehungen zum Sternberger Gestein hin untersucht werden, ein Horizont in Norddeutschland, der nach BEYRICH das von ihm geschaffene Oligozän nach oben hin abschließt.

[2]) Ob man die „*Globigerina*" *linnaeana* D'ORB., also eine *Globotruncana*, die LIEBUS (1903) aus der Tonmergelstufe zitiert, für eine Umlagerung in Betracht ziehen darf, erscheint fraglich. Vielleicht lag auch verunreinigtes Ausgangsmaterial vor.

Die Geröllanalyse verzeichnet als weiteres Ergebnis, daß weiter im W. die Schüttungen kalkalpinen Materials (einschließlich Flysch und Helvetikum) schon sehr viel früher einsetzen, als das weiter im O. der Fall ist. Diese Tatsache beruht vor allem darauf, daß im W. die Intensität der Krustenbewegungen bedeutend stärker war und die Abtragungen auf viel tiefere Niveaux hinabgreifen konnten. Sichere Beweise für eine solche Annahme liegen von Seiten der Mikropaläontologie allerdings noch nicht vor, da eine regionale Verfolgung der gestellten Probleme bislang noch nicht durchgeführt werden konnte. Funde, die einer derartigen Ansicht widersprächen, sind jedoch bis heute unbekannt. Es ergeben sich vielmehr Anhaltspunkte für ein tatsächliches Nachlassen der Schüttungen im O. vor allem in den tieferen Horizonten, was mit allen bis heute bekannten Erfahrungen gut übereinstimmen würde. Wie fein freilich die Unterschiede sind, die sich auf mikropaläontologischem Wege im Lauf der Zeit für die qualitative und quantitative Zusammensetzung der verschiedenen Schüttungen im O. und W. herausarbeiten lassen, kann für das Gebiet der subalpinen Molasse Oberbayerns heute noch nicht gesagt werden.

3. Die Liefergebiete der subalpinen Molasse Oberbayerns

Für die gesamte subalpine Molasse Oberbayerns kommt zunächst eine Reihe von Liefergebieten in Frage, die im S. der Molasse liegen und einen untereinander stark differenzierten Gesteinsbestand aufweisen. Dank ihrer faziellen und stratigraphischen Unterschiede ist man heute weitgehend in der Lage, ihre Abkömmlinge unter den klastischen Komponenten der einzelnen Schüttungen wiederzuerkennen und so ihre Bedeutung für den Aufbau des betreffenden Gebietes festzulegen. Es sind dies Helvetikum, Flyschzone und noch weiter im S. die Kalkmassen des Oberostalpins. Gerade die helvetischen Ablagerungen sind durch ihre Mannigfaltigkeit in der Gesteinsausbildung und durch ihren Reichtum an wohl differenzierten Mikrofaunen der Kreide und des Alttertiärs vor allen anderen Liefergebieten so eindeutig ausgezeichnet, daß ihnen in diesem Zusammenhang eine erhöhte Bedeutung zukommt. Da die helvetische Zone im S. unmittelbar an die Molassezone anschließt, kommt sie für eine Schuttlieferung an erster Stelle in Frage. Aus diesem Grunde soll das Helvetikum im folgenden auf seine tektonischen Beziehungen zum Molassetrog eingehender untersucht werden.

Die helvetischen wie auch die Flyschsedimente sind Trogfüllungen, die durch entsprechende kristalline Schwellen voneinander mehr oder minder vollständig abgegrenzt wurden; ihnen verdanken sie auch in der Hauptsache die klastischen Komponenten ihrer Sedimente. Diese Schwellen folgten in ihrer Anordnung Gesetzmäßigkeiten, die im Werden eines Kettengebirges begründet sind und die im selben Maße auch für die Molassezone Geltung besitzen. Auch der Molassetrog verdankt solchen Erhebungen im wesentlichen seine Füllung; auch die Molasse enthält Sedimente, die einer dieser Schwellen korrelat sind. Auf sie soll im zweiten Teil dieses Abschnittes näher eingegangen werden.

a. Umgelagerte Trogfüllungen

Die helvetische Zone als Liefergebiet der subalpinen Molasse

Die Gesteine des Helvetikums entstanden in einem Ablagerungsraum, der sich im oberbayrischen Gebiet im N. der Flyschzone vor allem in der Oberkreide eingetieft hat. Sie sind echte Randsenkensedimente. Erst weiter im W. kam auch Unterkreide zur Ausbildung. Obwohl die helvetischen Sedimente teilweise gleichen Alters sind mit Ablagerungen des Flyschmeeres, zeigen sie doch eine recht andersgeartete Entwicklung. Ihr Ablagerungsraum wurde von den orogenetischen Bodenunruhen nicht mehr in dem Maße erfaßt, wie das noch für denjenigen der Flyschsedimente angenommen werden muß; die Intensität der Bodenunruhen hat nicht nur von W. nach O., sondern auch von S. nach N. mit zunehmender Entfernung vom Alpenkörper beträchtlich an Wirkung abgenommen. Eine Mannigfaltigkeit in der Gesteinsausbildung ist die Folge und von der Monotonie der Flyschsedimente läßt sich nichts mehr erkennen. Vor allem im Alttertiär machen sich starke fazielle Gegensätze geltend. Hand in Hand mit dieser Erscheinung geht eine reiche Entwicklung der Mikrofaunen besonders in den mergeligen Serien sowohl im Senon wie im helvetischen Alttertiär. Die vorwiegend Kalkschaler führenden, artenreichen Mikrofaunen lassen keinen Übergang finden zu den ärmlichen Sandschalerfaunen der Flyschzone (Grill 1948, p. 11), was ebenfalls auf die Eigenart der Faziesentwicklung im helvetischen Trog zurückzuführen ist.

Die Geröllanalyse hat bezeichnenderweise unter den helvetischen Sedimenten nicht sehr viel Auswahl. Grünsandsteine verschiedenen Alters und vor allem Lithothamnienkalke des höheren Mitteleozäns, allenfalls noch Kalke des Lutets lassen sich als Gerölle in der Molasse wiederfinden. Die wichtigsten Horizonte des Helvetikums werden aber von mächtigen Mergelserien aufgebaut, die die Geröllanalyse nicht erfassen kann, da sie in Wasser sehr rasch zerfallen und so einem längeren Transport nicht standhalten.

In den östlicheren Gebieten Oberbayerns kommen zunächst Senon und Alttertiär für eine Umlagerung von Mikrofaunen in Betracht. So konnten einmal Pattenauer Schichten (Burgkirchen) in einem anderen Fall Leistmergel des Quadratensenons (Untercampan) und Stockletten des höheren Mitteleozäns (Auversien) auf Grund ihrer umgelagerten Mikrofaunen (Bohrung Rosenheim 33) nachgewiesen werden. Auch Lithothamnienbruchstücke finden sich, wie schon erwähnt, in der Molasse nicht selten, so z. B. im Thalberg-Graben. Sie entstammen den zerstörten Lithothamnienkalkbänken des höheren Mitteleozäns, die den ebenfalls aufbereiteten Stockletten normal stratigraphisch eingelagert waren. Weiter im W. nahmen dagegen immer ältere Horizonte am Aufbau der helvetischen Zone teil, die, falls sie schon damals genügend aufgeschlossen waren, auch ihren Schutt in den Molassetrog liefern konnten. Vielleicht lassen sich die Glaukonitanreicherungen in der Bunten Molasse Vorarlbergs auf umgelagerte Apt- und Albgrünsande zurückführen. Auf diese Weise wird ersichtlich, daß schon allein durch die wechselnde Zusammensetzung der helvetischen Schichten in W.-O.-Erstreckung die Art des verfrachteten Materials bedeutenden Schwankungen unterworfen war.

Es hat den Anschein, als seien im O. vor allem die nordhelvetischen Gebiete von einer Zerstörung und Umlagerung ihrer Sedimente betroffen worden. Erst weiter im W., im Gebiet von Tölz scheinen südlichere Gebiete von einer Abtragung erfaßt worden zu sein, so daß auch erzführende Kalke, teilweise sogar nur ihre Großforaminiferen nach N. verfrachtet werden konnten (Tiefbohrung Tölz 1, 903 m). Ob diese Erscheinung darüber hinaus etwas mit der erhöhten Schüttungsintensität im W. zu tun hat, läßt sich heute noch nicht entscheiden.

Auffällig ist ferner die schon erwähnte Tatsache, daß sich einzelne Vorkommen sehr weit im N. der subalpinen Molasse befinden (z. B. Tölz 1). Teilweise liegen sie selbst schon im Gebiet der ungefalteten Molasse (Kaltenbach-Graben, Schwaig a. d. Osterseen). Diese große Verbreitung der Schüttungen nach N. beweist wiederum, daß viele Formen durch Verfrachtung weite Entfernungen zurücklegen können. Zum anderen aber läßt sich diese Erscheinung auch durch mehrfache Umlagerungen erklären. Man müßte dann freilich folgerichtig erwarten, daß die südlicheren Molassegebiete unmittelbar am Alpennordrand noch weit größere Anreicherungen umgelagerten Materials enthalten. Ob dies der Fall ist, müssen erst weitere Untersuchungen zeigen.

Die tektonischen Voraussetzungen der Umlagerungsvorgänge

Die bisher getroffenen Feststellungen gestatten uns bereits, die Zahl der Möglichkeiten, die für den Ablauf der Umlagerungsvorgänge in Frage kommen, erheblich einzuschränken.

Wir haben gesehen, daß im Rupel und im Chatt so gut wie keine Einschwemmungen helvetischen Materials in den Molassetrog stattfanden. Es konnte weiterhin gezeigt werden, daß im Aquitan die ersten ergiebigen Schüttungen allochthoner Komponenten einsetzten, die sich im Miozän noch steigerten. Es konnte zudem noch wahrscheinlich gemacht werden, daß sich ihre Zusammensetzung im O. und im W. nicht unbedeutend voneinander unterschied, was auf Unterschiede im Schichtaufbau in den einzelnen Gebieten zurückgeführt wurde. Erst im Aquitan haben sich also neue Verhältnisse angebahnt, in deren Verlauf die Molassezone den Abtragungsschutt der werdenden Alpen aufnahm. Daß endlich das gesamte Fremdmaterial von S. eingeschwemmt wurde, dürfte sich aus der heutigen Südlage des helvetischen Einzugsgebietes ebenfalls mit Sicherheit ergeben.

Man könnte freilich zunächst der Ansicht sein, die aufgearbeiteten Formen entstammten der normalen stratigraphischen Unterlage der Molasse, wofür Eozän und Kreide in helvetischer Ausbildung anzunehmen wären. Ob die Annahme einer derartigen geologischen Situation überhaupt möglich ist, soll weiter unten eingehender besprochen werden.

Angenommen, die älteren Molasseablagerungen lägen transgressiv auf den hangenden helvetischen Schichten, den eozänen Stockletten, so wäre es allenfalls denkbar, daß nicht unbeträchtliche Teile dieser Stockletten durch Wellenbewegung und durch die Vorgänge bei der Transgression aufbereitet worden wären. Ihre zahllosen Globigerinen müßten sich demnach in den Basalschichten der älteren Molasse finden. Betrachtet man die Tonmergelstufe als tiefste Ablagerung dieser Serie, so hat man bis heute keine Anhaltspunkte für die oben

gemachte Annahme. Nimmt man jedoch an, daß die Tonmergel des Rupels gar nicht das stratigraphisch Tiefste der Molasse darstellten, sondern daß die im Liegenden der Tonmergel etwa folgenden Basalsande und Konglomerate bei der Abscherung der Molasse zurückgeblieben und von den anrückenden Alpen überfahren worden wären, so wäre verständlich, daß die letzteren uns heute nicht mehr zugänglich sind und eine Nachprüfung in dieser Richtung nicht mehr unternommen werden könnte.

Nimmt man dagegen an, die älteren in der Molasse vorkommenden, aus kretazischen Schichten umgelagerten Formen stammten aus der normalen Unterlage der Molasse und zwar dadurch, daß sie aus zerstörten Sätteln bei synsedimentärer Faltung aufgearbeitet und umgelagert worden wären, so könnte man damit zugleich die Tatsache erklären, daß sich einige Vorkommen allochthoner Mikrofaunen heute sehr weit im Norden, an der Grenze der gefalteten gegen die ungefaltete Molasse befinden. Wenn es sich herausstellen sollte, daß die südlichen Molassegebiete tatsächlich ärmer an eingeschwemmten Mikrofossilien sind als ihre nördlichen Teile, gewänne diese Ansicht sogar sehr an Gewicht, zumal mit der Möglichkeit synsedimentärer Faltung in der subalpinen Molasse gerechnet werden muß.

Dem steht freilich gegenüber, daß bei einer solchen Art der Umlagerung zunächst die mächtigen Stockletten hätten abgetragen werden müssen, bevor die tiefer folgenden Kreideschichten in ähnlicher Weise angegriffen werden konnten. Nun beteiligen sich aber gerade kretazische Formen zahlenmäßig besonders stark an der Zusammensetzung der allochthonen Faunen, während die Globigerinen der Stockletten oft auffallend zurücktreten. Es müßte dann schon so sein, daß die Auversien-Transgression, — falls diese überhaupt so weit nach N. vorgestoßen ist —, einer solchen im Senon weit an Bedeutung nachgestanden hätte. Ob sich aber z. B. vererzte Kalke so weit im N. tatsächlich noch hätten bilden können, ist mehr als fraglich, da nach den heutigen Erfahrungen im Helvetikum die Bildung der Eisenerzflöze an bestimmte terrigene Einschwemmungen vom Südufer des helvetischen Troges (Cetischer Rücken) gebunden ist.

Nach alledem ist es heute immer noch das Wahrscheinlichste, daß sämtliche bis heute bekannten Vorkommen allochthoner Faunenelemente, die sich in der subalpinen Molasse auf sekundärer Lagerstätte befinden, vom Süden her in den Molassetrog eingeschwemmt wurden. Daß viele Funde gerade im N. der subalpinen Molasse gemacht werden, läßt sich durch mehrfache Umlagerungen erklären, durch die diese Reste schrittweise weiter nach N. verfrachtet worden sind. Besonders in den Cyrenenschichten mit ihrer rasch wechselnden Hydrographie dürften solche Vorgänge in erhöhtem Ausmaß stattgefunden haben. Daß die eigentlichen Schüttungen erst im Aquitan einsetzten, beruht vor allem darauf, daß vorher entweder eine Landschwelle bestand, die eine Übertragung helvetischen Materials in den Ablagerungsraum der Molasse nicht zuließ oder daß die orogenetischen Vorgänge im Hinterland, die Gefälle und Relief erzeugten, vor dem Aquitan noch nicht den Grad der Intensität erreicht hatten, der für weitreichendere Umlagerungen notwendig ist. Wahrscheinlich waren beide Faktoren im Spiel. Im Chatt beherrschte eine Schwelle, auf die noch näher eingegangen wird, die Sedimentation im Molassetrog. Aus dem Rupel wissen wir darüber noch sehr wenig. Im Laufe des Aquitans dagegen ver-

minderte sich der Einfluß dieses Landgebiets durch Abtragung derart, daß es immer weniger imstande war, die Einschwemmungen aus dem Hinterland erfolgreich zu verhindern und durch eigene Schuttförderung zu verdecken. Inzwischen hatte sich im S. der mehr und mehr eingeebneten Landschwelle ein Streifen helvetischer Gesteine durch die orogenetischen Bewegungen im Rückland soweit herausgehoben, daß seine Abtragung im höheren Aquitan voll einsetzen konnte; sie erreichte im Laufe des Miozäns allmählich ihren Höhepunkt, bis dieser Streifen schließlich wiederum durch die jungtertiären Krustenbewegungen des Alpenkörpers weiteren Angriffen der Erosion entzogen wurde [1]).

b. Schwellenschutt

Es bestehen somit enge Beziehungen zwischen dem Molassetrog, einem benachbarten kristallinen Landgebiet und einem sedimentären Hinterland, das im wesentlichen das feinere Material marinen Ursprungs, nämlich Foraminiferen und Glaukonit, in den Molassetrog geliefert hat.

Für das sedimentäre Hinterland, das von Aufarbeitung und Umlagerung betroffen worden war, konnte mit Sicherheit eine Südlage geltend gemacht werden. Es war aus Gesteinen der helvetischen Zone aufgebaut, deren Mikrofossilinhalt umgelagert und teilweise weit nach N. verfrachtet wurde. Durch mehrfache Umlagerungen i n n e r h a l b des Molassetroges kam es zu weiteren Vermengungen der verschiedenen Faunenanteile, die zeitlich und räumlich, qualitativ und quantitativ, gewissen Gesetzmäßigkeiten unterlagen.

Diesen umgelagerten Trogfüllungen steht der Schutt gröberen und feineren Korns gegenüber, der von einer benachbarten Landschwelle in den Molasseraum eingespült wurde. Es gilt nun, die Lage dieser Landschwelle und ihre Bedeutung für die Molassesedimentation näher festzulegen.

Die Gerölle der subalpinen Molasse

Es ist nicht beabsichtigt, an dieser Stelle in eine Diskussion über die Herkunft der Molassegerölle einzutreten. Es sollen vielmehr im folgenden einige Gedankengänge aufgezeigt werden, die sich bei der Betrachtung der Umlagerungsvorgänge in der subalpinen Molasse aufdrängen. Zugleich soll auf gewisse Widersprüche hingewiesen werden, die sich zwischen den hier beschriebenen Erscheinungen der Umlagerung und den Annahmen anderer Autoren ergeben.

Es wurde schon mehrfach auf die Wechselbeziehung zwischen dem Auftauchen einer Landschwelle im Chatt und dem Einsetzen der Hauptschüttungen aus dem Helvetikum zur Aquitanzeit aufmerksam gemacht. E. KRAUS hat

[1]) Für die Ungefaltete Molasse am Südrand der Böhmischen Masse hat NATHAN neuerdings darauf aufmerksam gemacht (1949, p. 63), daß man auch in diesem Gebiet mit Aufarbeitungen und Umlagerungen zu rechnen hat. Er formulierte seine Ansicht mit folgenden Worten: „Die zerstörten Jura- und Kreideschichten, besonders die mächtigen Emscher-Mergel müssen am Aufbau der Oligocän-Schichten wesentlich beteiligt sein".

Abgesehen davon, daß diesen Umlagerungsvorgängen andere Ursachen zugrunde gelegen haben müssen als etwa ähnlichen Ereignissen in der subalpinen Molasse Oberbayerns, muß auch die Zusammensetzung des eingeschwemmten Feinstmaterials eine andere sein. So dürfte sich allenfalls Oberkreide, vor allem Senon n a c h einer Umlagerung wieder erkennen lassen, während die älteren Schichten — es handelt sich vorwiegend um oberen Dogger und Malm — durch ihren Mangel an Mikrofossilien weniger dazu geeignet sind.

diesem Landgebiet den Namen „Germanische Schwelle" gegeben (1941, Abb. 5, Texttafel). Ihre Lage hätte diese Schwelle im S. des Molassetroges gehabt; sie hätte, zumindest zeitweise, die helvetische Zone vom Ablagerungsraum der Molasse abgetrennt. Bemerkenswert ist, daß erst im Chatt deutliche Anzeichen für das Auftauchen einer derartigen Schwelle vorliegen, die sich zunächst in einer Versandung der hangendsten Teile der Tonmergelstufe bemerkbar macht. Weiterhin wären die Sandsteine und Konglomerate der Bausteinzone ihre korrelaten Sedimente. Es konnte wahrscheinlich gemacht werden, daß dieses Schwellengebiet im Verlauf des Aquitans durch Abtragung allmählich seine Bedeutung eingebüßt hat; dafür setzen zu dieser Zeit die ersten bedeutenden Schüttungen aus dem helvetischen Hinterland ein, während dann im Burdigal und noch mehr im jüngeren Miozän der Abtragungsschutt der werdenden Alpen in großem Ausmaß in den Molassetrog gelangt und die Schüttungen dieser Schwelle fast ganz verdrängt. Heute kennen wir diese Schwelle nur mehr aus ihren Geröllen, wie uns auch die Reste des Cetischen und des Rumunischen Rückens nur in ihren korrelaten Sedimenten, — Helvetikum, Flysch und Oberostalpin —, überliefert sind. Massenschwund im Sinne von KRAUS (1941) kann einer der Gründe für ihr heutiges Fehlen sein.

Die Gerölle der subalpinen Molasse Oberbayerns hat BODEN eingehend beschrieben. Er leitet die hellen und dunklen Dolomite, für die man heute keine anstehenden Äquivalente mehr kennt, folgerichtig von einer „Schwelle" ab, die man als ident mit der Germanischen Schwelle ansehen muß. Der Begriff des Vindelizischen Gebirges läßt sich heutzutage, wie schon KOCKEL (1922) betont hat, nicht mehr aufrecht erhalten, da man inzwischen erkannt hat, daß das Landgebiet, welches zunächst das Germanische Triasbecken von der alpinen Geosynklinale trennte, im Laufe des Mesozoikums und Alttertiärs sich in einzelne Schwellen-Rücken aufgelöst und so der Eintiefung der einzelnen Randsenken und Tröge Vorschub geleistet oder sie überhaupt ermöglicht hat (s. a. E. KRAUS 1941).

Konnten durch die mikropaläontologischen Untersuchungen in der Molasse, soweit sie vor allem die Deutung der Umlagerungsvorgänge zum Ziel hatten, im wesentlichen die Ansichten BODEN's bestätigt und noch weiter ausgebaut werden, so stehen die vorliegenden Ergebnisse in einem deutlichen Widerspruch zu den Versuchen anderer Autoren, die Gerölle der subalpinen Molasse aus den Zentralalpen herzuleiten, abgesehen davon, daß dieser Vorgang dem Gesetz der Schwellen- und Trogbildung beim Werden eines alpinotypen Kettengebirges widerspricht. Wenn man die „Dolomite unbekannter Herkunft" tatsächlich von Vorkommen etwa an der Hohen Salve ableiten wollte, dann müßte bereits im Chatt eine gewaltige Reliefentwicklung im Hinterland stattgefunden haben, die eine derartige Schuttförderung überhaupt erst ermöglicht hätte. Während ganz allgemein im Miozän die Einschwemmung kalkalpinen Materials in die Molasse überhandnimmt, nehmen gleichzeitig die genannten Dolomite an Größe und an Bedeutung ganz beträchtlich ab, wie vor allem BODEN erkannt hat. Gerade in diesen Zeiten gesteigerter Krustenbewegungen müßte man aber eine erhöhte Schüttung besonders aus den südlicheren Gebieten erwarten.

Ganz im Widerspruch aber steht die Annahme der Herkunft der Gerölle der älteren Molasse aus den Zentralalpen zu den Ergebnissen der Mikropaläontologie; man müßte dann nämlich die umgelagerten Faunen ebenfalls weiter

aus dem S. beziehen. Nun sind aber gerade Flysch und Oberostalpin recht arm an Mikrofossilien; außerdem lassen sich die meisten Funde, wie sie in der Molasse auf sekundärer Lagerstätte gemacht wurden, ausschließlich auf das Helvetikum beziehen, da primäre Ablagerungen mit ähnlichen Mikrofaunen weiter im S. fehlen. Dies wird umso klarer, wenn man an die vererzten Nummuliten des Lutets denkt; da die Eisenerzausscheidung an ganz bestimmte Zonen innerhalb des Helvetikums gebunden ist, kommen als Einzugsgebiet der vererzten Kalke auf keinen Fall andere Provinzen in Frage. Die genannte Ansicht hätte aber noch weitere Folgerungen nötig: Flysch und Helvetikum müßten Sedimentationsgebiet gewesen sein, nicht aber Denudationsgebiet (TRAUB 1948). Wenn aber die helvetischen Areale vom Schutt der Kalk- und Zentralalpen zur Zeit der Molassesedimentation bedeckt gewesen wären, dann wären schlechterdings Aufarbeitung helvetischer Gesteine und Umlagerung ihres Mikrofossilgehaltes, zu mindest in dem festgestellten Ausmaß, in die Molasse hinein unmöglich.

Trogwanderung — Schwellenwanderung

Abgesehen von diesen Widersprüchen deckt sich die genannte Arbeitshypothese aber keineswegs mit den Erfahrungen, die man bezüglich der Entwicklung eines Alpengebirges gemacht hat.

Man nimmt heute ganz allgemein an, daß die einzelnen Randsenken, — Molasse, Helvetikum und Flysch —, entsprechend ihrer zonaren Anordnung in N.-S.-Richtung ihre Existenz einer Wanderung der alpinen Vortiefe nach N. verdanken. Diese Nordwanderung entspricht weitgehend der „Gebirgswelle" KOCKEL's (1922), die im Verlauf der Alpenfaltung immer nördlicher gelegene Gebiete in die Randsenke hinabgezogen und den Sedimentationsbedingungen einer Vortiefe unterworfen hat. Zu ähnlichen Gedankengängen kam später E. KRAUS (1941) in seinen „Ergebnissen der nordalpinen Flyschforschung".

Zugleich waren die einzelnen Ablagerungsräume, die sich in ihrem Sedimentbestand nicht unbeträchtlich voneinander unterschieden, durch Schwellen und Rücken mehr oder weniger vollständig voneinander abgetrennt. Als erster hatte KOCKEL (1922) den Rumunischen Rücken erkannt, eine kristalline Schwelle, die nicht unwesentlich Material von S. in die Flyschzone, von N. dagegen in das Kalkalpin, vorzüglich in Schichten der Gosau, geliefert hat. Im N. der Flyschzone konnten BRINKMANN und A. (1937, p. 443) die Existenz des Cetischen Rückens nachweisen, der u. a. die Flyschsedimentation zur Zeit der Reiselsberger Sandsteine beherrscht hat. Seine petrographische Zusammensetzung konnte W. RICHTER (1937) auf Grund schwermineralanalytischer Untersuchungen weitgehend ermitteln. Schließlich nahm man im N. des Helvetikums ganz allgemein das „Vindelizische Gebirge" an, das einerseits Material in die helvetische Zone (SCHLOSSER 1925), zum anderen aber Schutt in die Molasse geliefert haben soll (BODEN 1925).

E. KRAUS hat diese Vorstellungen weiter präzisiert, indem er das Landgebiet im N. des Helvetikums als „Germanische Schwelle" ausschied (1941, Abb. 5, Texttafel). Weniger glücklich sind dagegen Bezeichnungen, die er den südlicheren Schwellen gegeben hat. So entspricht seine „Vindelizische Nordschwelle" dem Cetischen, seine „Vindelizische Südschwelle" dem Rumuni-

schen Rücken. Die Berechtigung einer „Vindelizischen Mittelschwelle", die den Sigiswanger vom Oberstdorfer Flyschtrog abgetrennt haben soll, sei hier nicht näher untersucht. Es dürfte vorteilhaft sein, den Begriff „Vindelizisch" in diesem Zusammenhang nicht zu verwenden. Für das Helvetikum konnte ich ebenfalls weitere Einschränkungen treffen. So stammen die terrigenen Einschwemmungen, die im tieferen Lutet schließlich zur Bildung der helvetischen Rot- und Schwarzerze geführt haben, nicht etwa vom „Vindelizischen Gebirge" im N., sondern eindeutig vom Cetischen Rücken, also von S. Ferner lassen sich, ausgehend von der helvetischen Kreide-Eozänserie von Neubeuern a. Inn, zahlreiche Anzeichen für das Auftauchen einer „Infrahelvetischen Schwelle" erkennen, die vom Obersenon an die Sedimentation der helvetischen Zone maßgeblich beeinflußt hat. Beweise für eine derartige Schwelle innerhalb des Helvetikums werde ich an anderer Stelle nachholen, da auf diese Frage hier nicht näher eingegangen werden kann. Dagegen ließ sich die Nähe eines „Vindelizischen Landes" unmittelbar im N. des Helvetikums selbst in den Sedimenten der nordhelvetischen Gebiete nicht feststellen.

Bemerkenswert ist vor allem, daß diese „Infrahelvetische Schwelle", wie ich sie bezeichnen möchte, erst in der höchsten Oberkreide, also etwa zu Beginn des Maastrichts, auftritt. Der Rumunische Rücken weiter im S. macht sich hingegen schon seit dem Neocom in seinen korrelaten Sedimenten bemerkbar. Der Cetische Rücken beginnt etwas später, im O. sogar erst zu Beginn des Senons, die Sedimentation in den benachbarten Trögen zu beherrschen. Die Germanische Schwelle dagegen taucht erst im Chatt auf und hat auch die kürzeste Lebenszeit aller bis heute bekannter Schwellen. Es zeichnen sich somit bedeutende Gesetzmäßigkeiten ab.

Der Trogwanderung nach N. entspricht eine Schwellenwanderung. Die Schwellen treten nach N. zu in immer jüngeren Horizonten in Erscheinung und besitzen naturgemäß eine immer jüngere Lebenszeit. Die Infrahelvetische Schwelle ist bereits im höheren Auversien nicht mehr sicher nachzuweisen. Ein ähnliches Schicksal erleidet der Cetische Rücken, der noch im Lutet bei der Bildung der helvetischen Erzschichten eine Rolle gespielt hat. Der Rumunische Rücken trat zum letzten Mal im Paleozän in Erscheinung. Die südlichste Schwelle aber, die die Faziesverteilung im alpinen Jura beeinflußt hat, ist ganz auf diesen Zeitbereich beschränkt.

Was daraus gefolgert werden kann, ist ein Nachlassen der gebirgsbildenden Energie von S. nach N. Die „Gebirgswelle" im Sinne KOCKEL's kam nicht nur im N. viel später an, sondern sie war hier auch bedeutend weniger intensiv als in den südlicheren Gebieten. Auf ähnliche Erscheinungen hat SCHMIDT-THOMÉ (1949) hingewiesen: die alpinen Deckenstrukturen überschreiten die Grenze Helvetikum—Molasse nicht. Dieses Nachlassen der Intensität der tektonischen Bewegungen macht sich auch schon in der Eigenart der betreffenden Trogfüllungen bemerkbar. Die Sedimente des Flyschtroges zeichnen die Nähe des Alpenkörpers ab; starke Absenkung, Bodenunruhen (Wildflysch!) und Fossilarmut kennzeichnen seine Ablagerungsbedingungen. Im helvetischen Sedimentationsraum konnte es weit mehr zu einer Entmischung der einzelnen Komponenten kommen; organogene Gesteine, die der Flyschzone fehlen, sind häufig; eine zyklische Gliederung der Sedimente ist die Folge (KOCKEL 1922). Obwohl die helvetische Randsenke z. T. mit der Flyschzone altersident ist, sind ihre

Sedimente doch nur mehr teleorogen, d. h. nur mehr mittelbar von der Gebirgsbildung im S. beeinflußt. Die Molassezone nimmt hingegen insofern eine Sonderstellung ein, als ihre Bildung teilweise wieder mit erhöhten Krustenbewegungen im Jungtertiär zusammenfällt. Ihre Sedimente ähneln daher mehr denen der Flyschzone als denen des Helvetikums, wie man vielmehr erwarten müßte. Grobklastische Einschwemmungen sind häufig. Es kam ebensowenig zur Bildung organogener Gesteine wie in der Flyschzone und auch die Mikrofaunen der Molasse sind kleinwüchsig und deuten auf ein wenig geeignetes Biotop.

Aber nicht nur von S. nach N., sondern auch von W. nach O. hat sich die Intensität der Bodenunruhen vermindert, wie das bereits mehrfach angedeutet wurde. Dies mag damit zusammenhängen, daß die Ostalpen eher konsolidiert waren als die Westalpen (Austrische Faltung!) und auch an der Böhmischen Masse ein festes Widerlager gefunden hatten. Im W. liefen dagegen die Vorgänge später, dafür aber viel schneller und intensiver ab. So zeigt der helvetische Ablagerungsraum bemerkenswerte Veränderungen von W. nach O.: es fallen immer mehr Schichten aus und zuletzt kommen nur mehr Äquivalente der jüngsten Oberkreide und des Alttertiärs zur Ausbildung. Sind bei Schliersee noch Mergel des Granulatensenons aufgeschlossen, so beginnt die helvetische Kreide von Neubeuern a. Inn erst mit Leistmergeln der Quadratenkreide; weiter im O. hat es sogar den Anschein, als begänne die Kreideserie überhaupt erst mit den Pattenauer Schichten, also etwa mit dem höheren Mucronatensenon. Zugleich macht sich der Infrahelvetische Rücken im W. etwas früher bemerkbar als im O.; die Senongrünsande des Schellenbach-Grabens lassen sich gut mit ihm in Verbindung bringen (Quadratensenon); bei Neubeuern läßt sich diese Schwelle erst im Maastricht nachweisen und noch weiter im O. erlangt sie, soweit den Angaben TRAUB's zu entnehmen ist, erst im Paleozän eine rechte Bedeutung.

Für die Molasse gelten ähnliche Gesichtspunkte. Bekanntlich hat die Abtragung im W. sehr viel tiefer hinabgegriffen, so daß schon relativ früh Gesteine aus den Kalkalpen in den Molassesedimenten auftreten. In diesen Gebieten sind die Einschwemmungen umgelagerter älterer Faunen ebenfalls früher zu erwarten.

Im allgemeinen läßt sich schon heute eine Reihe von Gesetzmäßigkeiten erkennen, die einerseits das Auftreten umgelagerten marinen Feinstmaterials in der Molasse gut erklären, andererseits aber mit der Ansicht, die Gerölle der subalpinen Molasse entstammten vorwiegend den Zentralalpen, nicht in Einklang zu bringen sind.

F. Tektonische Folgerungen

1. Die tektonischen Beziehungen zwischen Helvetikum und Molasse

Es bleibt schließlich noch die Frage zu besprechen, ob Helvetikum als normale Unterlage der Molasse überhaupt denkbar ist; wir haben schon weiter oben gesehen (p. 22/23), daß diese Frage für die Deutung der Umlagerungsvorgänge von Belang ist.

In der neueren Literatur finden sich diesbezüglich einige Anmerkungen, die ähnliche Erwägungen durchaus bejahen. So schreibt z. B. SCHMIDT-THOMÉ (1949, p. 20): „Darum wird der Eindruck verstärkt, als handle es sich um einen allmählichen Übergang aus helvetischem Obereozän in Molasse-Oligozän; als bilde das Helvetikum die hochgefaltete normale stratigraphische Unterlage der Molasse." NATHAN schreibt ebenfalls (1949, p. 64): „Besonders die mächtigen, mergeligen und feinsandigen Emscher-Schichten lassen vermuten, daß ein unmittelbarer Zusammenhang mit dem Meer der helvetischen Kreide bestand". Nach BÜRGL (1946) transgredieren in Oberösterreich chattische Sedimente der Molasse auf Helvetikum; freilich sind dort die tektonischen Gegensätze zwischen beiden Einheiten nicht mehr so groß wie weiter im Westen.

Zu der Bemerkung SCHMIDT-THOMÉ's ist folgendes zu sagen: In den Stockletten liegt nicht Obereozän vor, sondern höheres Mitteleozän. Somit ist der zeitliche Abstand zwischen beiden Ablagerungen, wenngleich sie ähnliches Aussehen besitzen, doch beträchtlich. Ein allmählicher Übergang kann daher nicht angenommen werden, zumal eine gewaltige Schichtlücke zwischen beiden Mergelserien liegt (Auversien — Rupel). Es müßte sich auf alle Fälle um eine Transgression handeln.

Eine Verbindung des helvetischen Oberkreidemeeres mit dem niederbayrischen Ablagerungsraum, wie NATHAN es wollte, läßt sich für die Zeit des Emschers kaum annehmen. Die angenommene Emschermächtigkeit der niederbayrischen Vorkommen findet in den helvetischen Serien der Alpenrandzone kein Analogon, da man höchstens die Seewenmergel auf den Emscher beziehen könnte; diese treten aber nur untergeordnet in Erscheinung und ihre Einordnung ist bis heute ungewiß [1]). An eine Verbindung der beiden Ablagerungs-

[1]) Dem niederbayerischen Emscher wird auf Grund der RIEDEL'schen Fossilbestimmungen (vor allem Inoceramen) eine viel größere Bedeutung beigemessen, als er in Wirklichkeit verdient. So stehen in der Bohrung Birnbach 1 einer Senonmächtigkeit von nur 25,30 m 816,90 m Emscher gegenüber. Selbst wenn man gewaltige Abtragungen, — und solche haben sicher stattgefunden —, annimmt, so bleibt nach wie vor ein Mißverhältnis. Umso erfreulicher ist es, daß HILTERMANN (in NATHAN 1949, p. 60) auf Grund von Neoflabellinen das Oberkreideprofil von Füssing 1 neu gliederte und dabei den Emscher auf seine wahre, nur sehr geringe Mächtigkeit reduzierte. Für das Oberkreideprofil von Birnbach 1 hat WICHER ebenfalls eine andere Gliederung getroffen, als sie nach den Angaben RIEDEL's zustande kommt (l. c. p. 25).

Das helvetische Senon am Alpennordrand weist normale Mächtigkeiten auf. So geben M. RICHTER und A. (1939) für die Leistmergel des Schlierseegebietes eine Mächtigkeit von 100 m an; für das Quadratensenon von Neubeuern konnte ich ebenfalls eine Mindest-Mächtigkeit von 80 m ermitteln.

räume im Senon ist dagegen ohne weiteres zu denken. So zeigen z. B. die grauen Leistmergel von Neubeuern als nördlichste Fazies nicht die geringsten terrigenen Einflüsse, im Gegensatz zu den Bunten Leistmergeln der südlichen Fazieszone anderer Gebiete, deren lateritische Färbung eindeutig auf ein Küstengebiet im S. hinweist.

Es liegen demnach durchaus Anhaltspunkte dafür vor, daß das helvetische Senonmeer über sein eigentliches Areal hinaus noch weiter nach N. gereicht hat. Ob eine Verbindung auf breiter Front angenommen werden muß oder ob diese nur lückenhaft gewesen ist und nur zeitweilig bestanden hat, darüber läßt sich heute noch wenig sagen.

Ob dagegen das helvetische Eozänmeer über sein eigentliches Areal weiter nach N. vorgestoßen ist, ist sehr fraglich. Es käme überhaupt nur die Auversien-Transgression in Frage, da alle älteren Eozänablagerungen kein freies Meer nach N. vermuten lassen, sondern vielmehr stark litorale Einschläge aufweisen. In Taufkirchen 1 wurde zwar ein Milioliden-führender Lithothamnienkalk erbohrt, der von H. ANDRÉE mit den mitteleozänen Vorkommen des Helvetikums etwa von Neubeuern a. Inn verglichen wurde (in NATHAN 1949, p. 24). Stockletten, die die Granitmarmore allerorts begleiten und die häufigste Fazies der Auversiens überhaupt darstellen, wurden jedoch nicht erbohrt; die Globigerinenmergel, die die Fischschiefer in der Bohrung Taufkirchen unterlagern, müssen auf Grund ihres Mikrofossilinhaltes vielmehr ins Rupel gestellt werden.

Es erscheint deshalb nach wie vor angebracht, diese Vorkommen nicht mit dem Helvetikum in Verbindung zu bringen, zumal sich Untereozän oder Paleozän in nordwestlicher Ausbildung, wie es von WICK (in NATHAN 1949, p. 61) in der Bohrung Birnbach 1 wahrscheinlich gemacht wurde, ebenfalls sehr wenig mit der charakteristischen helvetischen Fazies vertragen würde (vgl. BETTENSTAEDT 1949).

Es ist trotz alledem sehr wahrscheinlich, daß zumindest gebietsweise helvetische Kreide, vielleicht auch, wenngleich untergeordneter, Stockletten das Liegende der Molassesedimente gebildet haben. Es gibt auf der anderen Seite eine ganze Reihe helvetischer Ablagerungstypen, die für eine solche Annahme kaum in Frage kommen; so verdanken z. B. die Rot- und Schwarzerze ihren Eisengehalt bestimmten paläogeographischen Voraussetzungen, die nur in einem Faziesbereich erfüllt waren, der so weit im Süden anzunehmen ist, daß eine Überlagerung durch Molasse kaum mehr in Frage kommt. Ähnliches gilt auch für die Lithothamnienkalke des höheren Mitteleozäns, die nur im Bereich der Untiefen der Infrahelvetischen Schwelle ausgebildet sind und hier die Stockletten faziell vertreten. Findet man daher diese Gesteine als Gerölle in der subalpinen Molasse, so muß man sie von einem Streifen helvetischer Ablagerungen an ihrem Südrand herleiten, der im Verlauf des Aquitans immer mehr von der Zerstörung erfaßt wurde, bis er im jüngeren Miozän vom ostalpinen Flysch wiederum teilweise verhüllt wurde. Die Unterlage der Molasse können diese Gesteine also nicht gebildet haben.

Aber auch die Kreideschichten, die möglicherweise unter der Molasse liegen, können als Muttergestein der fremden Foraminiferenfaunen nicht in Betracht gezogen werden, wie weiter oben gezeigt wurde (p. 23). Vielmehr muß an-

genommen werden, daß sie einem helvetischen Gebiet im S. der Molassezone entstammen und zwar vorwiegend einem nordhelvetischen Bereich, dessen Ablagerungen sich durchaus noch ein Stück weit nach N. fortgesetzt haben mögen, da ja die Germanische Schwelle zu dieser Zeit noch nicht bestand.

2. Die Eozängerölle der subalpinen Molasse

Eine erhöhte Bedeutung unter den Abkömmlingen helvetischer Ablagerungen kommt vor allem den Lithothamnienkalkgeröllen der Molasse zu, da sie von den einzelnen Autoren recht unterschiedlich gedeutet wurden. BODEN führt sämtliche Gerölle dieser Kalke auf helvetisches Eozän zurück. M. RICHTER sieht den Ursprung dieser Gesteine im Häringer Eozän und stellt sie somit ins Oberostalpin (1937). TRAUB glaubt nun ebenfalls nicht an eine helvetische Abstammung der betreffenden Lithothamnienkalkgerölle und sieht diese neuerdings als Reste einer ehemals weite Teile der Ostalpen bedeckenden Eozänhülle an (1948). Die heutigen Vorkommen oberostalpinen Eozäns in den bayrischen Alpen wären demnach nur unbedeutende Erosionsreste und zugleich Zeugen einer gewaltigen Transgression des Priabonmeeres über den fast eingeebneten Alpenkörper.

TRAUB weist vor allem darauf hin, „daß wahrscheinlich zwischen dem Stockletten der helvetischen Zone und dem inneralpinen Tertiär kein wesentlicher Altersunterschied besteht" (1948, p. 165). Dieser Ansicht kann ich mich nicht anschließen, obwohl ich weiß, daß ABRARD die Berechtigung, das Auversien als selbständigen Zeitabschnitt aufzufassen, bestreitet (1925).

Betrachtet man die Nummulitenfaunen der beiden genannten Zonen genauer, so erkennt man beträchtliche Unterschiede, die nicht durch eine lediglich faziell anders geartete Ausbildung der Sedimente vorgetäuscht werden. In den Lithothamnienkalken des helvetischen Mitteleozäns fehlen die retikulierten Nummuliten des Priabons, wie sie u. a. bei Oberaudorf in großer Menge vorkommen, vollkommen; andererseits gehören Assilinen, die einen wesentlichen Bestandteil des „Granitmarmors" ausmachen, im Priabon des Oberostalpins zu den großen Seltenheiten. Die fazielle Ausbildung beider Ablagerungen läßt sich überhaupt nicht miteinander vergleichen. So sind z. B. aus dem Helvetikum keine Dolomitbreccien bekannt, wie sie im Priabon und im Lattorf der Becken von Oberaudorf und Reit i. Winkl so häufig sind; umgekehrt kennt man z. B. von Oberaudorf ebensowenig Lithothamnienkalke vom Typus der helvetischen Granitmarmore, wie sie etwas weiter im N. bei Sinning in großer Mächtigkeit anstehen. Ferner dürfte z. B. der größte Teil der Priabonkonglomerate von Oberaudorf limnischer Entstehung sein. Die Lithothamnienkalke des Helvetikums zeigen in ihrem Erscheinungsbild eine derartige Fülle von Abwandlungen, daß man mit Sicherheit den allergrößten Teil der Eozängerölle aus der Molasse bei ihnen unterbringen kann. Erst wenn bei einem Geröll der sichere mikropaläontologische Nachweis für Priabon vorliegt, ist man gezwungen, das betreffende Geröll aus dem Oberostalpin herzuleiten. Aus dem Helvetikum selbst ist bis heute kein Priabon bekannt, wie umgekehrt das inneralpine Tertiär nur Äquivalente des Priabons und des Lattorfs, nicht aber Lutet

und Auversien enthält, wie SCHLOSSER nachdrücklich betont und auch faunistisch nachgewiesen hat (1925). Es wäre allenfalls noch möglich, daß die Stockletten in ihren hangendsten Teilen gerade noch an die Basis des Bartons zu liegen kämen (vgl. BETTENSTAEDT 1949).

Es bleibt unbestritten, daß sichere Kalksandsteine des Priabons als Gerölle besonders in der jüngsten Molasse vorkommen können. Sie sind aber durch ihren Mikrofossilinhalt eindeutig als Priabon gekennzeichnet und machen durchaus keinen fremdartigen Eindruck. Sicher haben diese Ablagerungen einmal größere Gebiete der Ostalpen eingenommen als das heute der Fall ist. Man muß sie aber streng von den etwas älteren Eozängeröllen des Helvetikums unterscheiden, die weder faziell noch faunistisch und noch viel weniger genetisch irgend etwas mit dem Priabon des inneralpinen Tertiärs zu tun haben. Es besteht keine Veranlassung, etwa das gesamte aus dem Eozän stammende Geröllmaterial aus den Kalkalpen herzuleiten. Wenngleich die Ansicht TRAUB's u. U. in den östlichsten Abschnitten der Ostalpen Geltung beanspruchen darf, so kann sie doch für das gesamte Gebiet Oberbayerns als Deutungsmöglichkeit nicht in Frage kommen. Vielmehr dürfte dagegen eine Äußerung KOCKEL's (1922, p. 149) zutreffen, wenn er schreibt: „Als dann im Mitteleozän das Meer erneut vom Senkungsgebiet ... Besitz ergriff, hatten die nördlichen Kalkalpen schon genügend orographische Höhe erworben, um nicht wieder, wie in der Gosauzeit, von den Transgressionen überwältigt zu werden".

3. Die tektonischen Geschicke der subalpinen Molasse

Es liegen demnach wenig zwingende Gründe vor, die Eozän-Gerölle der Molasse aus den Ostalpen zu beziehen. Es konnte vielmehr gezeigt werden, daß das gesamte umgelagerte Feinstmaterial, vor allem die älteren, eingeschwemmten Mikrofaunen, nur aus dem Helvetikum stammen können. Daß die Funde fremder Mikrofaunen in voraquitanen Molasseschichten so spärlich ausfallen, konnte u. a. darauf zurückgeführt werden, daß eine kristalline Barre, in diesem Falle die Germanische Schwelle, die Einschwemmungen von helvetischem Material aus dem südlichen Hinterland solange verhindert hat, bis sie infolge fortschreitender Erosion immer weniger in der Lage war, durch eigene Schuttförderung das feinkörnige helvetische Material zu verdecken. Zugleich waren aber auch die Vorgänge im Rückland noch nicht so weit fortgeschritten, daß ein genügendes Gefälle geschaffen war, welches Umlagerungen in größerem Ausmaß hätte gestatten können.

Von den Eozängeröllen der Molasse ausgehend folgert TRAUB weiter, daß das gesamte Helvetikum wie auch weite Teile der Flyschzone zur Zeit der Ablagerung der Molasse nicht Denudations-, sondern Sedimentationsgebiet gewesen sein müsse. Für eine Germanische Schwelle ist bei einer solchen Annahme allerdings kein Platz mehr und auch die „Dolomite unbekannter Herkunft" muß man in diesem Fall folgerichtig aus den Zentralalpen herleiten. TRAUB nimmt in Verfolgung seiner Gedankengänge des weiteren eine gewaltige Molassedecke über den Ostalpen an — ihre Mächtigkeit schätzt er auf etwa 1000 m —, und betrachtet die Angerbergschichten des Unterinntales als seine letzten Zeugen. In der steirischen Faltung wäre dann die Alpenrandflexur ent-

standen, die den Alpenkörper um einen geringen Betrag auf das nördliche Molassepaket aufgeschoben hätte, während die Molassehülle der Alpen bis auf wenige Reste der Erosion zum Opfer gefallen wäre.

Für das oberbayrische Gebiet dürfte die Ansicht TRAUB's als Deutungsmöglichkeit wohl nicht in Frage kommen. Wenn nämlich das Helvetikum im Oligo-Miozän tatsächlich Sedimentationsgebiet war, dann konnte helvetisches Material in nennenswertem Umfang nicht mehr in die Sedimente der heutigen subalpinen Molasse gelangen. Es ist jedoch ohne weiteres möglich, daß das Molassemeer z e i t w e i s e auf den Alpenkörper selbst übergriff; dies geschah aber nur an tektonisch prädestinierten, bereits prägosauisch angelegten Strukturen wie etwa im Unterinntal, an denen auch das Priabonmeer zum letzten Mal in alpines Gebiet vorstieß. Die Angerbergschichten möchte ich in diesem Sinne auffassen. Für die Annahme einer z u s a m m e n h ä n g e n d e n Molassedecke fehlen dagegen die nötigen Anhaltspunkte ebenso, wie das auch schon für die von TRAUB angenommene Priabontransgression wahrscheinlich gemacht werden konnte.

Über die Tektonik der subalpinen Molasse Oberbayerns hat SCHMIDT-THOMÉ kürzlich berichtet (1949). Ich möchte mich mit SCHMIDT-THOMÉ der Ansicht MAX RICHTER's anschließen und Abscherungsvorgänge annehmen, durch welche die subalpine Molasse in ihre heutige Lage gebracht wurde. Freilich sind ihre Ausmaße nicht mehr mit den Vorgängen weiter im W., etwa in der Ostschweiz, zu vergleichen, über die M. RICHTER berichtet hat (1948). Für die Annahme einer Abscherung der subalpinen Molasse und einer tektonischen Unterdrückung ihrer tiefsten Teile spricht vor allem das Fehlen von Basalsanden an der Basis der Tonmergelstufe. Damit wäre auch die Erscheinung zu erklären, daß die Tonmergelstufe arm an aufgearbeiteten Mikrofaunen ist, was bei unmittelbarer Unterlagerung durch Kreide, wie sie weiter oben wahrscheinlich gemacht werden konnte, unverständlich bliebe.

Aus den Angaben M. RICHTER's und SCHMIDT-THOMÉ's ergeben sich erneut Anzeichen für ein Nachlassen der Intensität der Krustenbewegungen während des Miozäns nach O. hin. Konnte M. RICHTER für die Schweiz noch gewaltige Abscherungsvorgänge und Überwältigung der gebirgsnahen Oligozänmolasse durch den Alpenkörper wahrscheinlich machen, so werden diese Strukturen in Oberbayern doch schon sehr undeutlich und sind nur noch durch tektonische Rückschlüsse zu ermitteln (Deutenhausener Schichten). Weiter im O. spricht TRAUB nur mehr von einer Alpenrandflexur; es scheint, als sei es hier nicht mehr zu bedeutenderen Dislokationen der Molasse selbst gekommen. Vielleicht läßt sich mit dieser Annahme auch die Tatsache in Einklang bringen, daß östlich des Inns keine sicheren Äquivalente des Rupels mehr zu Tage austreten und daß noch weiter im O. Burdigal unmittelbar an das Helvetikum stößt [1]). Es werden somit immer jüngere Molasseschichten von dem nach N. vorgreifenden Alpenkörper abgeschnitten. Es ist hier durch fortschreitende Abnahme der Intensität der tektonischen Kräfte nicht mehr zu Abscherungen gekommen, welche die ältere Molasse an das Tageslicht hätten bringen können; die älteren Schich-

[1]) Auf Grund von Makrofossilien hat HÖLZL (1948, p. 390) darauf hingewiesen, daß östlich des Prien-Tals keine Äquivalente des Rupels mehr zu Tage austreten. BARTENSTEIN kam im Verlauf seiner mikropaläontologischen Bearbeitung der subalpinen Molasse Oberbayerns zu ähnlichen Ergebnissen.

ten wurden vielmehr von den Alpen überfahren. Die Böhmische Masse dürfte im O. eine bedeutende Rolle als Widerlager bei all diesen tektonischen Vorgängen gespielt haben.

Der O. scheint nach allem viel mehr und viel früher konsolidiert gewesen zu sein als etwa die westlicheren Gebiete. So konnte sich z. B. die Laramische Phase im Arbeitsgebiet TRAUB's nicht mehr voll auswirken: die Gerhardsreuter Schichten des Helvetikums vermitteln im Gebiet nördlich von Salzburg allmählich zum Paleozän, ohne daß es zur Ausbildung einer bedeutenderen Schichtlücke gekommen wäre, wie das weiter im W. im Gebiet von Neubeuern a. Inn sicher der Fall war.

G. Zusammenfassung

1. Es wurden zunächst die bis heute bekannten Funde allochthoner Foraminiferen beschrieben, die sich in Ablagerungen der subalpinen Molasse Oberbayerns auf sekundärer Lagerstätte befinden. Es handelt sich teilweise um Formen aus dem Senon, teilweise um solche aus dem Eozän. Vor allem Großforaminiferen — nicht selten vererzt — deuten auf umgelagertes Alttertiär hin.

2. Es wurde weiterhin das Wesen und die Bedeutung der Umlagerungsvorgänge näher untersucht. Angaben aus der Literatur sowie eigene Beobachtungen wurden herangezogen, um die Umlagerungsvorgänge in der subalpinen Molasse Oberbayerns hinreichend zu erklären. Vor allem die Arbeit SENN's (1935) enthält eine Menge neuer Gesichtspunkte. So konnte für die Bunte Molasse endgültig eine limnische Entstehung angenommen werden, wie dies E. KRAUS schon 1935 wahrscheinlich gemacht hat.

3. Es ergaben sich mannigfaltige Beziehungen zu den Ergebnissen der Geröllanalyse, die vor allem K. BODEN für die oberbayrische Molasse durchgeführt hatte. Kleinere Unterschiede in den Schlußfolgerungen beruhen vor allem darauf, daß die Untersuchungsmethoden der beiden Richtungen — Geröllanalyse einerseits, Mikropaläontologie andererseits — von verschiedenen Voraussetzungen ausgehen.

4. Von großer Bedeutung für die Alpengeologie ist das Erkennen des Einsetzens der Hauptschüttungen aus einem südlichen Hinterland, das als Liefergebiet für die subalpine Molasse Oberbayerns in Frage kommt. BODEN kam auf Grund seiner Gerölluntersuchungen zu einem burdigalen Alter der ersten wesentlichen Schüttungen aus dem Süden. Durch die Ergebnisse der Mikropaläontologie konnte diese Grenze etwas tiefer gelegt werden; sie kommt nunmehr an die Basis des Aquitans zu liegen.

5. Die genannten Funde allochthoner Foraminiferen in der subalpinen Molasse Oberbayerns lassen sich vorläufig von der Landesgrenze im O. bis nach Vorarlberg hinein verfolgen. Es muß deshalb ein Liefergebiet angenommen werden, das zwar in seiner O.-W.-Erstreckung im Schichtaufbau bedeutenden Schwankungen unterworfen war, das aber auf weite Erstreckung hin das umgelagerte Material der subalpinen Molasse Oberbayerns geliefert hat. Naturgemäß prägen sich die genannten Unterschiede im Schichtaufbau des Hinterlandes in den einzelnen Schüttungen aus.

6. Es konnte gezeigt werden, daß als sedimentäres Liefergebiet der älteren Molasse ausschließlich die helvetische Zone im S. des Molassetroges in Frage kommt. Die umgelagerten Mikrofaunen lassen sich aus keiner anderen stratigraphischen Einheit, weder aus der Flyschzone noch aus dem Kalkalpin, herleiten. Während es im O. mehr den Anschein hat, als hätte Aufarbeitung und Umlagerung älterer Sedimente hauptsächlich nordhelvetische Gebiete betroffen, lassen sich weiter im W. (Tölz 1) Anhaltspunkte dafür gewinnen, daß auch Gesteine südlicherer Faziezonen — erzführende Kalke mit vererzten Großforaminiferen — der Zerstörung und nachfolgenden Umlagerung anheimgefallen sind. Vererzte Kalke sind aber ausschließlich auf das Helvetikum beschränkt und lassen sich keineswegs auf ein anderes Heimatgebiet beziehen.

7. Helvetisches Senon und Stockletten des höheren Mitteleozäns haben die Mikrofossilien geliefert, die heute in marinen, brackischen und limnischen Schichten der subalpinen Molasse Oberbayerns aufgefunden werden. Lithothamnien und Glaukonit lassen sich ebenfalls aus dem Helvetikum herleiten. Vor allem die Geröllanalyse muß mit Lithothamnienkalken und Grünsandsteinen verschiedenen Alters auskommen, da der größte Teil der helvetischen Mergel in Geröllform nicht transportiert werden und nur durch mikropaläontologische Methoden erfaßt werden kann.

8. Die Einschwemmungen des allochthonen Feinstmaterials kamen aus dem Süden. Teilweise ist es selbst zu Umlagerungen innerhalb des Aquitans gekommen. Durch mehrfache Umlagerungen, besonders in den Cyrenenschichten mit ihren rasch wechselnden hydrographischen Verhältnissen, wurden diese älteren Faunen schrittweise weiter nach N. verfrachtet. Für die Herleitung der allochthonen Faunen aus dem Untergrund der Molasse selbst liegen bis heute keine zwingenden Gründe vor, selbst wenn man mit der Möglichkeit synsedimentärer Faltung im Molassetrog rechnet.

9. Der kristalline Schutt der älteren Molasse Oberbayerns kann nicht von den Zentralalpen abgeleitet werden. Dieser Schutt stammt von einer Landschwelle, die im S. der Molasse, aber im N. des Helvetikums lag und vor allem im Chatt die Sedimentation im Molassetrog beherrscht hat. Im Laufe des Aquitans war diese Schwelle durch fortschreitende Abtragung immer weniger in der Lage, die Einschwemmungen aus dem Helvetikum erfolgreich zu verhindern und durch eigene Schuttförderung zu verdecken. Inzwischen konnte sich auch ein Streifen helvetischer Gesteine im S. der Molasse so weit herausheben, bis ein genügendes Gefälle entstand, um Umlagerungen in nennenswertem Umfang stattfinden zu lassen.

10. Die „Germanische Schwelle" vertritt das „Vindelizische Gebirge", das sich im Laufe des jüngeren Mesozoikums und mehr noch im Alttertiär in einzelne Teilschwellen aufgelöst und so die Eintiefung der einzelnen Tröge ermöglicht hat. Sie setzt die Tradition des Cetischen und des Rumunischen Rükkens weiter im N. fort.

11. Es konnte erkannt werden, daß der längst angenommenen Trogwanderung nach N. im Verlauf der alpinen Gebirgsbildung eine Schwellenwanderung entspricht. Zwischen der Germanischen Schwelle und dem Cetischen Rücken konnte innerhalb des Helvetikums die „Infrahelvetische Schwelle" ermittelt werden, die vor allem im höheren Senon an Bedeutung zunahm und bereits im

Auversien wieder verschwand. An ihre Stelle trat im N. des Helvetikums die Germanische Schwelle, die bereits im Aquitan ebenfalls sehr bald an Bedeutung verlor. Ganz allgemein kann gesagt werden, daß die Schwellengebiete im S. mit zunehmender Südlage in immer älteren Horizonten auftreten und eine immer längere Lebenszeit besitzen.

12. Mit diesen Ergebnissen lassen sich die Annahmen anderer Autoren nicht in Einklang bringen, nach denen das Helvetikum und teilweise auch die Flyschzone im Oligo-Miozän Sedimentationsgebiet, nicht aber Denudationsgebiet gewesen sein soll. Ebensowenig kann wohl von einer zusammenhängenden Eozändecke über dem eingeebneten Alpenkörper gesprochen werden, wie sie TRAUB (1948) annimmt. Der größte Teil der Eozängerölle der subalpinen Molasse Oberbayerns läßt sich sicher aus dem Helvetikum herleiten. Der andere Teil, mikropaläontologisch als Priabon gekennzeichnet, entstammt mit Sicherheit dem inneralpinen Tertiär, das in seiner Verbreitung an alte, bereits prägosauisch angelegte Strukturen gebunden ist.

13. Es konnte wahrscheinlich gemacht werden, daß helvetisches Senon als normale Unterlage der Molasse durchaus in Frage kommt. Es ist selbst möglich, daß eine Verbindung — sei es auf breiter Front oder nur zeitweilig und lückenhaft — mit der niederbayrischen Kreide bestanden hat. Das helvetische Eozänmeer ist sicherlich nicht so weit über sein eigentliches Areal nach Norden vorgestoßen. Die Lithothamnienkalke von Taufkirchen 1 lassen sich keineswegs mit helvetischen Vorkommen in Beziehung bringen, sondern gehören sehr wahrscheinlich dem Rupel an.

14. Nach ihrer Ablagerung wurden die Molassesedimente von Abscherungen erfaßt, wie sie vor allem M. RICHTER angenommen hat. Durch diese Vorgänge wurde die subalpine Molasse Oberbayerns in ihre heutige Lage gebracht. Die Ausmaße dieser Abscherungen waren in Bayern nicht mehr so beträchtlich wie etwa in der Ostschweiz und klingen nach O. zu immer mehr aus. Östlich des Inns scheint es zu keinen nennenswerten Abscherungen mehr gekommen zu sein; es treten keine sicheren Äquivalente des Rupels mehr zu Tage aus. Die ältesten Horizonte wurden überfahren und überwältigt, infolge mangelnder Intensität der Krustenbewegungen aber nicht mehr abgeschert.

Dieser Abnahme der tektonischen Kräfte von W. nach O. entspricht eine solche von S. nach N. Die Vorgänge bei der Entwicklung eines Alpengebirges machen sich in den nördlicheren Trögen nicht mehr so stark bemerkbar wie etwa im S. Der helvetische Trog ist dafür ein bezeichnendes Beispiel.

Nachtrag

Durch die fortschreitende mikropaläontologische Durchforschung der subalpinen Molasse Oberbayerns, die ich z. Zt. vom Bayerischen Geologischen Landesamt in München aus durchführe, sowie infolge der engen Fühlungnahme mit O. HÖLZL, Hausham, ist es inzwischen möglich geworden, das Alter einiger bislang noch unsicherer Schichtkomplexe der Molasse näher festzulegen. Damit erfahren einige Angaben der vorausgegangenen Arbeit eine geringfügige Berichtigung.

Dies betrifft zunächst die Thalbergschichten (p. 13), die nicht länger zum Burdigal gestellt werden können, da sie vielmehr dem Aquitan als fazielle Vertretung der Promberger Schichten des Westens angehören. Damit scheiden auch die Konglomerate der Blauen Wand aus dem Burdigal aus und müssen ebenfalls in das Aquitan versetzt werden, was durch die Untersuchung ihres Geröllbestandes eher unterstrichen als bestritten werden kann.

Bezüglich des Aquitans möchte ich immer mehr annehmen, daß es in seinen unteren Teilen noch zum höchsten Oligozän, in seinen hangenden Abschnitten bereits zum Untermiozän gehört. Vielleicht läßt sich die *Rotalia* cf. *beccarii* (L.) für eine Grenzziehung zwischen Oligozän und Miozän mit Erfolg verwenden, da diese an sich miozäne Form nach meinen Beobachtungen erst in den höheren Teilen der aquitanen Cyrenenschichten auftritt.

Die (p. 9 Fußnote und p. 35) Globigerinenschiefer der Bohrung Taufkirchen 1 aus der Teufe 1366 m, die das stratigraphisch Liegende der rupelischen Fischschiefer darstellen, belasse ich ebenfalls nicht mehr beim Rupel, sondern stelle sie bereits ins Lattorf, also ins Unteroligozän. Von besonderer Bedeutung ist ferner, daß ich Sedimente mit fast derselben Mikrofauna aus dem Traun-Profil auffinden konnte, die demnach ebenfalls ins Lattorf zu stellen wären. Es handelt sich hier um blaugraue, plattig ausgebildete Mergel vom Rettenbach nordwestlich St. Johann, dicht südlich der Autobahn, die ebenfalls zahlreiche Globigerinen neben einer bezeichnenden akzessorischen Mikrofauna führen. Diesen Schichten entsprechen wiederum die Aufschlüsse am Schwimmbad bei Siegsdorf im Bett der Weißen Traun, die eine ähnliche Mikrofauna aufweisen und auch die als *Cancris* ex aff. *turgidus* CUSHMAN & TODD bestimmte Form enthalten. Diese Molasseschichten stehen in engstem tektonischen Kontakt mit helvetischen Maastricht- und Lutetablagerungen, allerdings ohne mit diesen Verschuppungen zu bilden, und stellen das ebenfalls normal stratigraphisch Liegende der Fischschiefer von Wernleiten bei Siegsdorf dar, die von WEILER (1932) ins Rupel gestellt und von NATHAN (1949) mit den Fischschiefern von Taufkirchen 1 verglichen wurden. Auf diese Weise lassen sich einzelne Abschnitte der Bohrung Taufkirchen 1 unmittelbar mit einem der wichtigsten Profile der östlichen Molasse, dem Traun-Profil, vergleichen, was immerhin von einiger Bedeutung ist.

In Verfolgung dieser Gedankengänge ist es ferner unmöglich, davon zu sprechen, daß Rupel und Chatt östlich der Prien nicht mehr aufgeschlossen wären (p. 38 und p. 42). Abgesehen davon, daß sich die Tonmergelstufe im Prien-Tal mikropaläontologisch erkennen läßt (Aufschlüsse bei Dösdorf), läßt sie sich auch im Traun-Tal nachweisen und zwar im Hangenden des Lattorfs von Siegsdorf. Es soll jedoch auf diese speziellen Verhältnisse an dieser Stelle nicht näher eingegangen werden, da eine Gemeinschaftsarbeit zusammen mit O. HÖLZL geplant ist, die die östliche Molasse Oberbayerns zwischen Prien und Traun auf Grund makro- und mikropaläontologischer Gesichtspunkte näher beleuchten soll.

H. Schriftennachweis

ABRARD, R.: Faune des sables de Chars, de Cresnes, de Marines et du Ruel. — Bull. Soc. géol. Fr., (4), **25**, 1925, p. 15—32.

ARNI, P.: Foraminiferen des Senons und Untereocäns im Prätigauflysch. — Beitr. z. Geol. Karte d. Schweiz, N. F. **65**, 1933.

— Über die Nummuliten und die Gliederung des Untereocäns. — Eclogae geol. Helv. **32**, 1939, p. 113.

BARTENSTEIN, H.: Untersuchungen zur Systematik und Stratigraphie der Flabellina-gestaltigen Foraminiferen. — Erdöl und Kohle, **1**, H. 6, 1948, p. 180.

— Entwicklung der Gattung *Lenticulina (Lenticulina)* LAMARCK 1804 mit ihren Unter-Gattungen. (For.) — Senckenbergiana, **29**, N. 1/6, 1948, p. 41.

BETTENSTAEDT, F.: Paläogeographie des nordwestdeutschen Tertiär mit besonderer Berücksichtigung der Mikropaläontologie. — Erdöl und Tektonik in Nordwestdeutschland, 1949.

BODEN, K.: Die Geröllführung der miocänen und oligocänen Molasseablagerungen im südbayr. Alpenvorland zwischen Lech und Inn und ihre Bedeutung für die Gebirgsbildung. — Mitt. Geogr. Ges. München, **18**, 3. H., 1925.

— Über die Entstehung und Bedeutung der oberbayrischen Molasse. — Centralbl. f. Min. etc., B, No. 7, Jahrg. 1926.

— Beschaffenheit, Herkunft und Bedeutung des ostalpinen Molasse-Schuttes. — Abh. Geol. Landesunters. Bayr. Oberbergamt, H. 4, 1931.

— Ein Beitrag zur Kenntnis der Chiemgauer Molasse. — Zeitschr. Dt. Geol. Ges. **87**, H. 6, 1935.

BOUSSAC, J.: Études paléontologiques sur le Nummulitique alpin. — Mém. pour sérvir à l'explication de la carte géol. de Fr., 1911.

BRINKMANN, R.: Schwerminerale und Paläogeographie. — Geol. Rundschau, **29**, H. 3/5, 1938, p. 348—356.

BRINKMANN, R., GUNDLACH, K., LOEGTERS, H. und RICHTER, W.: Mesozoische Epirogenese und Paläogeographie in den österreichischen Nordalpen. — Geol. Rundschau, **28**, H. 5, 1937, p. 438—447 (in der Arbeit zitiert als BRINKMANN und A. 1937).

BÜRGL, H.: Zur Stratigraphie und Tektonik des oberösterreichischen Schliers. — Verh. geol. B.-A. Wien, 1946, p. 123—151.

DAM, TEN A. & REINHOLD, TH.: Die stratigraphische Gliederung des niederländischen Oligo-Miozäns nach Foraminiferen. — Meded. van de geol. Stichting Ser. C — V — No. 2, **1942.**

DEHM, R.: Zur Oligocän-Miocän-Grenze. — N. Jahrb. Min. etc. Monatshefte, Jahrg. 1949, B, H. 4—6. p. 141—146.

GALLOWAY, J. J.: A Manual of Foraminifera. — Bloomington, Ind.

GRILL, R.: Mikropaläontologie und Stratigraphie in den tertiären Becken und in der Flyschzone von Österreich. — Reprint. from Internat. Geol. Congr. „Report of the Eighteenth Session, Great Britain, 1948," Part XV, p. 3—12.

GÜMBEL, C. W.: Beiträge zur Foraminiferenfauna der nordalpinen Eocängebilde. — Abhandl. k. b. Akad. Wiss. 2. Cl., **10**, München 1868.

— Die sogenannten Nulliporen und ihre Betheiligung an der Zusammensetzung der Kalkgesteine, I. Teil. Die Nulliporen des Pflanzenreichs *(Lithothamnium).* — Abh. k. bayr. Akad. Wiss. II. Cl., **11**, 1. Abth. München 1871, p. 30.

HEIM, ARN.: Die Nummuliten- und Flyschbildungen der Schweizer Alpen. — Abhandl. schweiz. Pal. Ges., **35**, 1908.

HILTERMANN, H. & KOCH, W.: Taxomonie und Vertikalverbreitung von Bolivinoides-Arten im Senon Nordwestdeutschlands. — Geol. Jahrb. **64**, 1950, p. 595—632, Hannover-Celle

HÖLZL, O.: Molluskenfaunen der subalpinen Molasse Oberbayerns. — N. Jahrb. Min. etc. Monatsh., Jahrg. 1945—1948, B, H. 9—12, p. 385—400.

KAHLER, F. und G.: Beobachtungen an Fusuliniden der Karnischen Alpen. — Zentralbl. Min. etc. Jahrg. 1938, B, p. 101.

KOCKEL, C. W.: Die nördlichsten Ostalpen zur Kreidezeit. Ein Ausschnitt aus der Entwicklung eines Kettengebirges. — Mitt. Geol. Ges. Wien, 1922, p. 63—168.

KRAUS, E.: Über den ultrahelvetischen Kreideflysch. — Eclogae Geol. Helv. **28**, 1935, p. 45.

— Ergebnisse der nordalpinen Flyschforschung. — Geol. Rundschau, **32**, 1941. H. 3, p. 288—303.

LIEBUS, A.: Ergebnisse einer mikroskopischen Untersuchung der organischen Einschlüsse der oberbayrischen Molasse. — Jahrb. Geol. R.-A., 1903.

— Neue Beiträge zur Kenntnis der Eocänfauna des Krappfeldes in Kärnten. — Jahrb. Geol. B.-A., **77**, Wien 1927.

MUHEIM, F.: Die subalpine Molassezone im östlichen Vorarlberg. — Eclogae Geol. Helv. **27**, p. 181.

NATHAN, H.: Geologische Ergebnisse der Erdölbohrungen im Bayerischen Innviertel. — Geol. Bav. **1**, München 1949, p. 1—68.

PAUL, B.: Gliederung und Foraminiferenfauna des Rheintaltertiärs bei Bruchsal. — Mitt. Bad. Geol. Landesanstalt, **12**, H. 1, p. 1—52, 1938.

PRATJE, O. & RICHTER, W.: Stratigraphie und Schwermineralanalyse der beiden Geschiebemergel und des Dirschkeimer Sandes an der Westküste des Samlandes. — Jahrb. Preuß. Geol. L.-A. f. 1937, **58**, Berlin 1938, p. 666—676.

RENZ, H. H.: Die subalpine Molasse zwischen Aare und Rhein. — Eclogae Geol. Helv. **30**, 1937, p. 88.

RENZ, O.: Über Aufarbeitung von Foraminiferen im Jungtertiär östlich des Trasimenischen Sees (Umbrien. — Eclogae Geol. Helv. **29**, 1936, p. 325.

RICHTER, K.: Horizontbestimmung von Ober-Kreidegeschieben mittels Foraminiferenstatistik. — Frankfurter Beitr. z. Geschiebeforsch., Beih. z. Zeitschr. f. Geschiebeforsch. 1935, p. 20—28.

RICHTER, M.: Die deutschen Alpen und ihre Entstehung. — Deutscher Boden V, Borntraeger, Berlin 1937.

— Der westalpine Molassetrog. — Erdöl und Kohle **1**, 1948, p. 341—351.

RICHTER, M., CUSTODIS, A., NIEDERMAYER, J. & SCHMIDT-THOMÉ, P.: Geologie der Alpenrandzone zwischen Isar und Leitzach in Oberbayern. — Zeitschr. D. Geol. Ges. **91**, H. 9, 1939, p. 649 (in der Arb. zitiert als RICHTER, M. und A. 1939).

RICHTER, W.: Sedimentpetrographische Beiträge zur Paläogeographie der ostalpinen Oberkreide. — Mitt. Geol. Staatsinst. Hamburg, H. **16**, p. 59—84, 1937.

RIEDEL, L.: Neues aus der angewandten Mikropaläontologie. Grundsätzliches zur Stratigraphie mit Mikrofossilien. Alb, Hauterive, Wealden. — Petroleum **34**, Nr. 48, p. 1, 1938.

ROTHPLETZ, A.: Die Osterseen und der Isar-Vorlandgletscher. — Landeskundl. Forsch., Geogr. Ges. München, H. 24, 1917.

ROZLOZSNIK, P.: Einleitung in das Studium der Nummulinen und Assilinen. — Mitt. Jahrb. k. Ung. Geol. A., 1. H. 1927.

SCHLOSSER, M.: Die Eocänfaunen der bayrischen Molasse. — Abhandl. Bayr. Akad. Wiss., **30**, 7. Abh. 1925.

SCHMIDT-THOMÉ, P.: Neuere Kenntnisse über die Kalkalpenzone und die Alpenrandstrukturen in Südbayern. — Geol. Rundschau, 1949, **37**, p. 18—24.

SENN, A.: Die stratigraphische Verbreitung der tertiären Orbitoiden. — V. Beobachtungen über Aufarbeitung von Foraminiferen. — Eclogae Geol. Helv. **28**, 1935.

TAUBERT, W.: Foraminiferen-Statistik zur Gliederung des turonen Plänermergels von Dresden. — N. Jahrb. Min. etc., Beil.-Bd. **86**, B, 1941, p. 99—161.

THALMANN, H. E.: Die regional-stratigraphische Verbreitung der oberkretazischen Foraminiferen-Gattung *Globotruncana* CUSHMAN 1927. — Eclogae Geol. Helv. **27**, 1934, p. 413.

— Mitteilungen über Foraminiferen. I. — Eclogae Geol. Helv. **28**, 1935, p. 599.

TRAUB, F.: Beitrag zur Kenntnis der miocänen Meeresmolasse ostwärts Laufen/Salzach unter besonderer Berücksichtigung des Wachtbergkonglomerates. — N. Jahrb. Min. etc., Monats-H., Jahrg. 1945—1948, B, H. 1—4; p. 53—71.

WEDEKIND, R.: Die papillaten Flabellinen der Kreide und die Stufengliederung des Senons. — N. Jahrb. Min. etc., Beil.-Bd. **84**, B, 1940, p. 177.

WICHER, C. A.: Neues aus der angewandten Mikropaläontologie, Alttertiär, Senon, Rhät-Lias-Grenze, Wert von Spülproben, Mikropaläontologie und Kartierung. — Petroleum **35**, Nr. 1/2, p. 1, 1939.

— On the age of the higher Upper Cretaceous of the Tampico Embayment area in Mexico, as an example of the worlwide existance of microfossils and the practical consequences arising from this. — Bull. du Mus. d'Hist. du Pays Serbe, Sér. A — 2, p. 76—105 englisch, Beograd 1949.

WOLFF, W.: Die Fauna der südbayrischen Oligocänmolasse. — Palaeontographica, **27**, 1897.

Bei der Schriftleitung eingegangen am 1. Juni 1950.

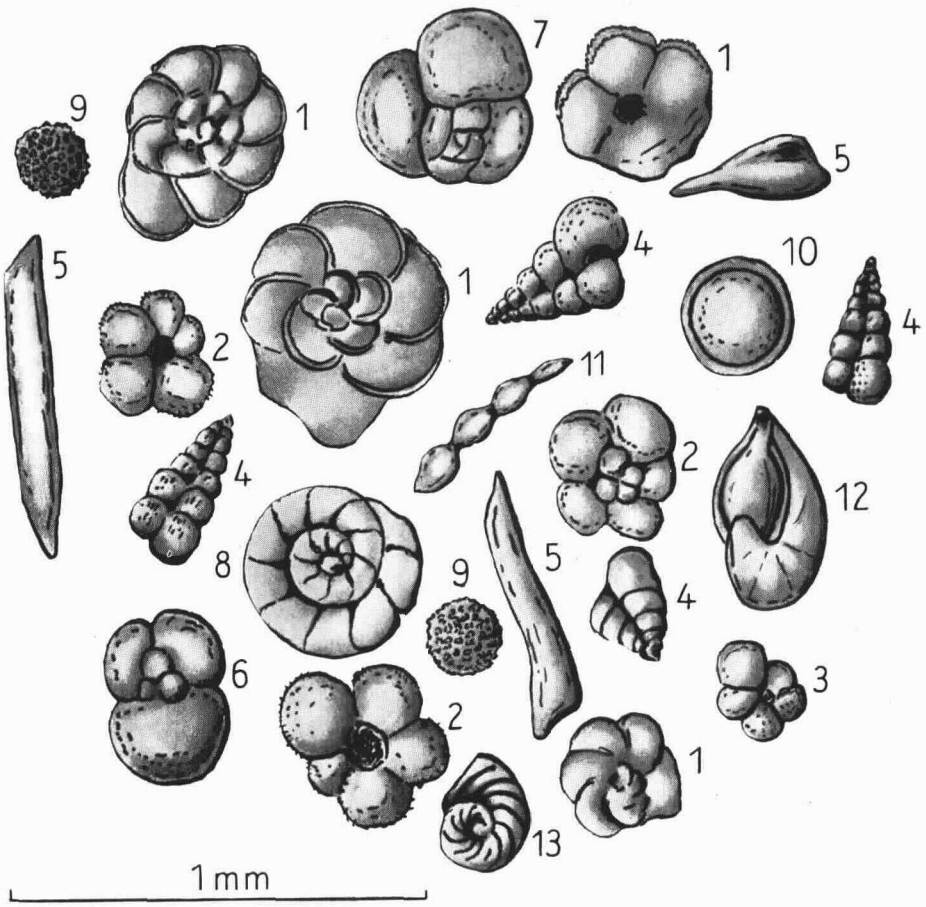

Abb. 1

Umgelagerte Faunengemeinschaft aus der Oberen Süßwassermolasse (Obermiozän) von Burgkirchen bei Burghausen/Salzach.

A. Umgelagerte Formen aus dem helvetischen Obersenon:
1. *Globotruncana* ex aff. *canaliculata* (D'ORB.)
2. *Globigerina cretacea* D'ORB.
3. cf. *Globigerinella aspera* (EHR.)
4. *Gümbelina* sp.
5. Inoceramenprismen

B. Umgelagerte Formen aus dem helvetischen Alttertiär (Auversien):
6. *Globigerina triloba* REUSS
7. *Globigerina triloba*, Glaukonitsteinkern

C. Umgelagerte Formen aus der Molasse:
8. *Rotalia beccarii* (L.)
9. Radiolarien
10. *Coscinodiscus* sp. (Diatomee)

D. Umgelagerte Formen fraglicher Herkunft:
11. *Dentalina* sp.
12. *Saracenaria* sp.
13. *Planulina* sp.

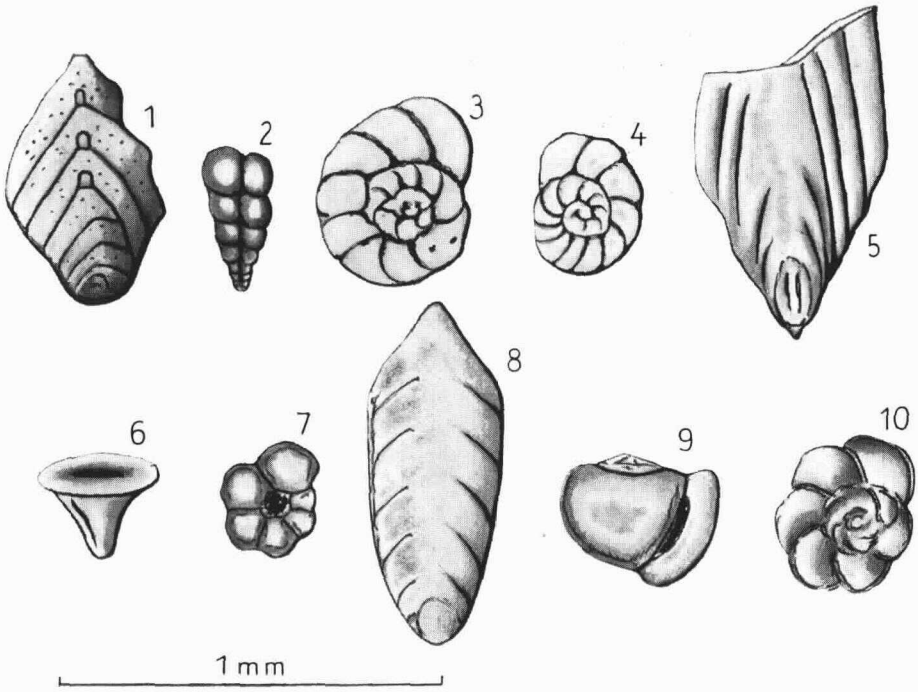

Abb. 2

Umgelagerte Senon-Foraminiferen aus der Oberen Bunten Molasse (Aquitan) der Tiefbohrung Tölz 1. Teufe 1428—1434 m.

1. *Neoflabellina* sp.
2. *Gümbelina* sp.
3. *Stensiöina pommerana* BROTZEN
4. *Stensiöina exsculpta* (REUSS)
5. *Frondicularia* cf. *inversa* REUSS
6. *Globorotalites* sp.
7. *Globigerinella aspera* (EHR.)
8. *Bolivina incrassata* REUSS var. *gigantea* WICHER
9. *Gyroidina* sp.
10. *Globotruncana* sp.

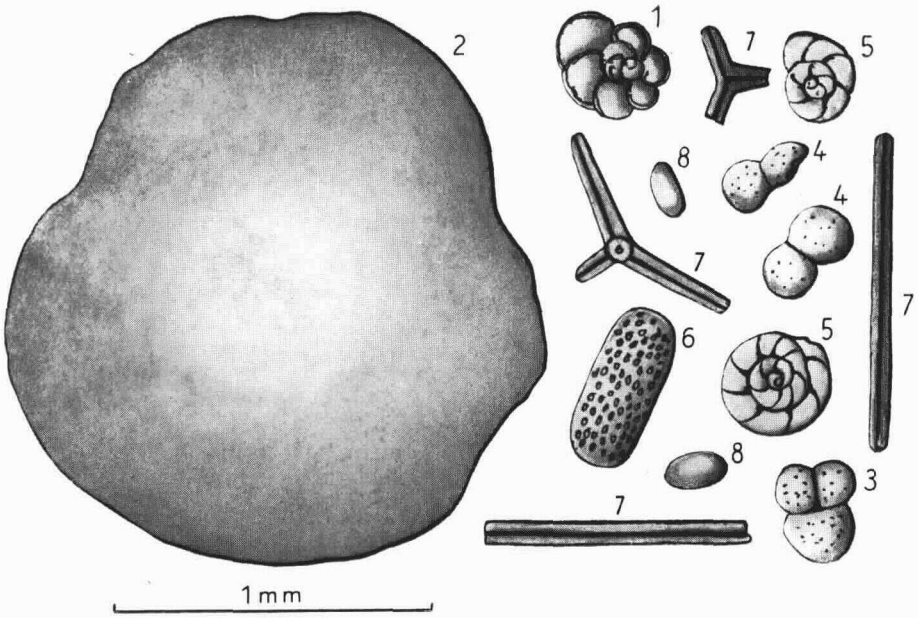

Abb. 3

Faunengemeinschaft aus den Obersten Cyrenenschichten (Heimbergschichten) der Bohrung Rosenheim 33. Teufe 29.30—32.50 m.

A. Umgelagerte Form aus dem helvetischen Senon:
   1. *Globotruncana* sp.

B. Umgelagerte Formen aus dem helvetischen Alttertiär (Auversien):
   2. *Camerina* sp.
   3. *Globigerina triloba* Reuss
   4. *Globigerina* sp., Bruchstücke

C. Autochthone Fauna der Cyrenenschichten:
   5. *Rotalia beccarii* (L.)
   6. Ostracode
   7. Schwammnadeln
   8. Schwammrhaxen

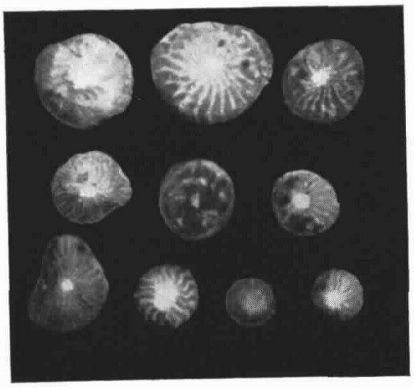

Abb. 4

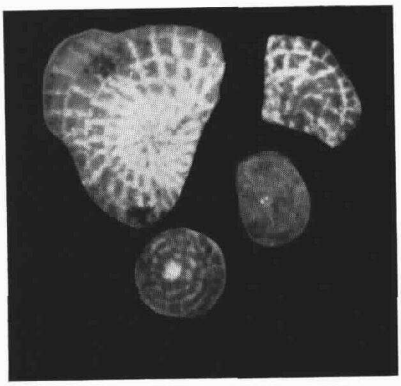

Abb. 5

Abb. 4. Umgelagerte Nummuliten (*Camerina* sp.) aus der Oberen Meeresmolasse (Burdigal) des Kaltenbach-Grabens bei Miesbach. Infolge der Abrollung und mechanischen Beschädigung sind die zentrale Pfeilerregion aus imperforater Schalensubstanz sowie die ebenfalls imperforaten Septalstreifen besonders gut zu sehen. Vergr. 5,5 x. Einbettung in Xylol.

Abb. 5. Umgelagerte Assilinen (*Assilina exponens* [Sow.], Form A) aus dem Burdigal des Kaltenbach-Grabens bei Miesbach. Vergr. 5,5 x. Einbettung in Xylol.

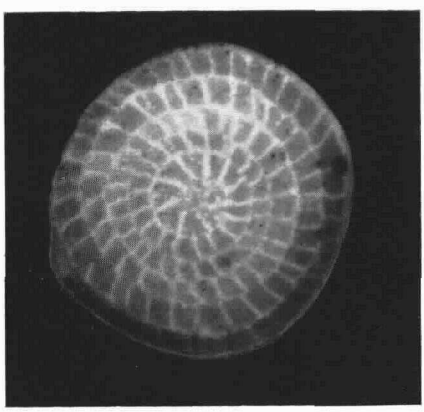

Abb. 6

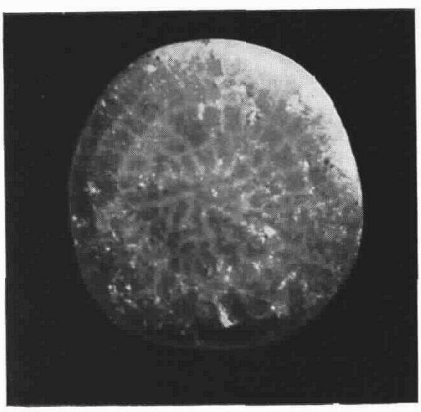

Abb. 7

Abb. 6. *Assilina exponens* (Sow.), Form A. Umgelagertes Exemplar aus den Thalbergschichten (Burdigal) des Thalberg-Grabens bei Siegsdorf. Vergr. 5,5 x. Einbettung in Xylol. (Das weiß umrandete Feld entspricht einem qcm.)

Abb. 7. Dasselbe Exemplar ohne Einbettung.

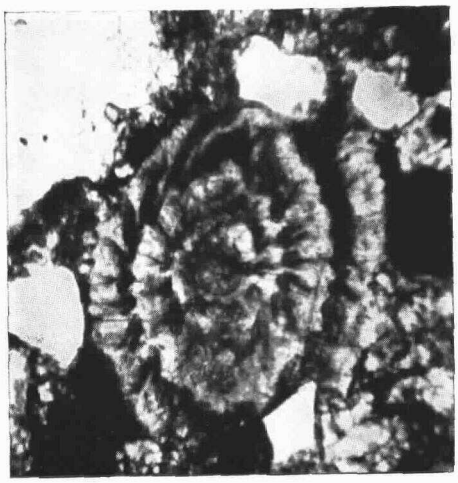

Abb 8

Camerina sp. Umgelagerter Nummulit aus einem konglomeratischen Kalksandstein der Oberen Bunten Molasse (Aquitan) der Tiefbohrung Tölz 1. Teufe 903 m. Vergr. 100 x.

Abb. 9

Ein anderes Bruchstück einer *Camerina* aus derselben Teufe. Vergr. 100 x.

Anm.: Die Zeichnungen stammen vom Verfasser, die Photographien hat Herr Dipl.-Geol. FRITZ ALBRECHT angefertigt.