

Hypothesen über die Ausbildung von Trias, Lias und Dogger im Untergrund des schweizerischen Molassebeckens

Autor(en): **Trümpy, Rudolf**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Eclogae Geologicae Helvetiae**

Band (Jahr): **52 (1959)**

Heft 2

PDF erstellt am: **21.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-162575>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Hypothesen über die Ausbildung von Trias, Lias und Dogger im Untergrund des schweizerischen Molassebeckens

Von **Rudolf Trümpy**, Zürich

Mit 2 Textfiguren

EINLEITUNG¹⁾

Es gehört ein gewisses Mass von Unverfrorenheit dazu, eine kleine Arbeit wie die vorliegende zu publizieren. Heute, wo erst eine Bohrung das ältere Mesozoikum im Untergrund des schweizerischen Molassebeckens erreicht hat, kann man über dessen Fazies bestenfalls ganz allgemeine Vermutungen aufstellen. Diese Hypothesen besitzen nur aus einem Grund Interesse: sie sind kontrollierbar – und wir hoffen, dass diese Kontrolle, durch eine Serie von Tiefbohrungen, recht bald erfolgen werde. Es ist ganz selbstverständlich, dass die Ergebnisse dieser Bohrungen unseren Prognosenversuch in mehr als einem Punkt widerlegen werden; aber es schien uns reizvoll – gewissermassen als Denksportaufgabe – vor Beginn der Bohrkampagne einen solchen Versuch zu wagen.

Dieser Versuch basiert natürlich auf dem Vergleich der Schichtreihen im Faltenjura (Zusammenfassungen in J. ARKELL 1956; A. JEANNET 1934; ALB. HEIM 1919) und in den Schweizer Alpen (J. CADISCH 1953; ALB. HEIM 1921). Die Trias- und Juraserien des Faltenjura sind dabei von grösserer Bedeutung, da sie unmittelbar an das Molassebecken stossen, während vor jenen des autochthonen Sedimentmantels des Aarmassivs noch ein breiter Gürtel helvetischer und präalpiner Decken liegt. Es ist für einen Alpengeologen und Schüler RUDOLF STAUBS selbstverständlich, dass für unsere Faziesvergleiche nur die helvetisch-autochthone Zone herangezogen werden darf. Mögen sich auch die helvetischen und penninischen Faziesräume gegen Osten etwas verschmälern, so geht es doch auf keinen Fall an, «auf die hypothetische Zwischenschaltung eines penninischen Raumes zu verzichten» (BRINKMANN et al. 1937, S. 440) und die Schichtserien der ostalpinen Decken fast unmittelbar an diejenigen der Schwäbischen Alb anzuknüpfen. Manche sonst vorzügliche Arbeiten über das Mesozoikum im Untergrund des bayerischen Molassebeckens werden durch diese tektonisch und faziell unhaltbare Auffassung einer Parautochthonie der nördlichen Kalkalpen verfälscht.

Veranlassung zu dieser Arbeit gab auch die ausserordentlich anregende Zusammenstellung von P. DORN (1958) über das «Vindelizische Land». Aus unsern

¹⁾ Es war geplant, diese Notiz in Zusammenarbeit mit R. RUTSCH (Bern) zu verfassen, wobei Herr Kollege RUTSCH die Bearbeitung des Oberjura und der Kreide übernahm. Leider konnte er seinen Anteil des Manuskripts wegen dringlicher Verpflichtungen nicht rechtzeitig fertigstellen; doch ist zu hoffen, dass auch dieser 2. Teil bald erscheinen kann.

Der Autor ist Herrn Prof. RUTSCH für nützliche Hinweise und Herrn Dr. A. WAIBEL (Basel) für die Erlaubnis zur Einsichtnahme in die von ihm verfassten Artikel des Stratigraphischen Lexikons zu Dank verpflichtet.

Ausführungen wird hervorgehen, dass wir eine Hochzone unter dem schweizerischen Anteil des Molassetroges nur für die Liaszeit erkennen können, so dass die palaeogeographische Rolle dieser vielumstrittenen Landmasse recht unsicher wird (vgl. besonders CORNELIUS 1925).

JUNGPALAEOZOIKUM

Im Gegensatz zu den flächenhaft ausgebreiteten mesozoischen Sedimenten sind die kontinentalen Bildungen des Oberkarbon und des Perm an spätherzynische Senken gebunden, deren Verlauf kaum irgendwie vorausgesehen werden kann. Oberkarbon und Unterperm liegen in schmalen, meist SW–NE gerichteten, wohl von Verwerfungen saalischen Alters begrenzten Trögen, während das Oberperm (Oberrotliegendes und kontinentale Zechstein-Äquivalente) eine andere und weitere Verbreitung besitzt.

Das Karbon–Perm-Becken von Lons-le-Saulnier (BONTE et al. 1953) und das Unterperm-Gebiet des Basler Tafeljuras (SCHMASSMANN & BAYRAMGIL 1946) gehören vielleicht einer und derselben spätherzynischen Muldenzone an, welche aber wohl ausserhalb des Molassebeckens bleibt.

Dagegen könnte die Karbon–Unterperm-Mulde von Salvan-Dorénaz (Aiguilles-Rouges-Massiv) in das Molassebecken hineinstreichen. Auf der rechten Seite der Rhone enthält sie gegen 1000 m meist grobklastisches Oberkarbon (Westfalian D – Stefanian A) und etwa 400 m grobe, bunte Konglomerate, die dem oberen Stefan oder dem Unterperm angehören können (s. M. LUGEON 1930). Die Mulde streicht hier etwa N 15° E; doch kann man diese Richtung nicht kurzerhand als «herzynisch» verallgemeinern, da die Karbonzüge in der Ostschweiz (z. B. Bifertengrätli–Limmernboden) fast genau W–E verlaufen. Immerhin darf man die Möglichkeit ins Auge fassen, dass der (saalische ?) Muldenzug Salvan–Dorénaz noch eine Strecke weit seine SSW–NNE-Richtung beibehält, so dass er vielleicht unter dem unteren Simmental und unter Thun zu erwarten wäre – falls er nicht schon vorher auskeilt.

Die andern in den autochthonen Massiven aufgeschlossenen Muldenzüge, namentlich auch der grosse Verrucano-Trog der Glarner Alpen, können nicht mehr in den schweizerischen Anteil des Molassebeckens hineinziehen.

Die Ausbildung der in der Bohrung Scherstetten zwischen 1955 m und 2018 m angetroffenen Sandsteine und Fanglomerate (LEMCKE und FUECHTBAUER in ROLL et al. 1955, S. 97–101) erinnert sehr an diejenige des helvetischen Verrucano; doch ist es natürlich denkbar, dass im Bereich des (echten, bayrischen) Vindelizischen Landes auch die kontinentale Trias eine derartige verrucano-ähnliche Fazies annimmt.

Die Möglichkeit, dass unter der Molasse noch andere, weder in den autochthonen Massiven zum Vorschein kommende noch durch Bohrungen nachgewiesene jungpalaeozoische Tröge liegen, kann nicht ausgeschlossen werden. Wir tapen hier eben völlig im Dunkel. Immerhin dürfte der Untergrund des Molassebeckens zur Oberkarbon- und Unterpermzeit grösstenteils Abtragsgebiet darstellen. Im Dach des Kristallins ist eine z. T. recht tiefgründige (im Aiguilles-Rouges-Massiv bis 40 m dicke) Verwitterungszone von wahrscheinlich oberpermisch-untertriadischem Alter zu erwarten, die allerdings über weite Strecken durch triadische und jurassische Erosion entfernt worden sein kann.

BUNTSANDSTEIN

Bekanntlich nimmt die Mächtigkeit des germanischen Buntsandsteins gegen S und SE rasch ab, vor allem infolge Zurückbleibens der älteren Abteilungen. Im Gebiet des Dinkelberges misst der Buntsandstein noch über 50 m, in den Bohrungen am französischen Jurafuss recht konstant ca. 70 m, gegenüber ca. 20 m im unteren Wutachtal und 11m bei Zurzach. In der Bohrung Altishofen liegt die Obergrenze des Kristallins auf Grund der seismischen Messungen nur 50 m unter der Basis des oberen Muschelkalks, so dass dort für den Buntsandstein fast kein Platz mehr verfügbar ist (J. KOPP 1955, S. 209). Extrapoliert man diese Werte, so müsste man annehmen, dass der Buntsandstein etwa auf einer Linie Lausanne-Zürich gegen SE auskeilt.

Die grundlegende Frage ist diejenige nach dem Alter des autochthonen und helvetischen Melsersandsteins. Diese meist geringmächtigen, gutgeschichteten, sicher in aquatischem Milieu abgelagerten Sandsteine werden von den meisten Autoren in die untere Trias gestellt, wofür u. a. die Analogie zu den zweifellos skythischen Quarziten des penninischen Bereiches, besonders des Briançonnais, spricht. R. BRUNNSCHWEILER (1948) parallelisiert sie mit dem germanischen Röt. Demgegenüber sehen ROHR (1926) und FRANK (1930) im Melsersandstein eine sandige Transgressionsfazies des Muschelkalks; im besonderen scheint eine Gleichsetzung mit dem unteren oder mittleren Wellenkalk vertretbar zu sein. Nach den gut fundierten paläogeographischen Schemata von M. FRANK (1929, 1937) wäre ja die Küste des germanischen Flachmeeres zu dieser Zeit im Bereich der helvetischen Zone zu erwarten. BRUNNSCHWEILER wies in den Glarner Alpen nach, dass im Melsersandstein des ursprünglich südlichen Gebietes feldspatreiche Sandsteine, im Autochthon reine Quarzsandsteine vorherrschen; das Material stammt also wohl aus S, von einer ultrahelvetisch-nordpenninischen Schwellenzone.

Es sind somit zwei Hypothesen denkbar:

1. Der Melsersandstein ist untertriadisch. Irgendwo unter dem Molassebecken müsste der Übergang aus dem vorwiegend terrestrischen oberen Buntsandstein der germanischen Fazies (dem allerdings, namentlich im Elsass, marine Einschlüge nicht ganz fehlen) in den «sauberen», wohl marin-litoralen Melsersandstein erfolgen.

2. Der Melsersandstein stellt die basale Transgressionsbildung des Muschelkalkmeeres dar, und der Buntsandstein fehlt unter dem südöstlichen, grösseren Teil des schweizerischen Molassebeckens.

Diese zweite Lösung scheint uns plausibler, doch ist der Beweis dafür ohne Fossilfunde oder eine Reihe von Tiefbohrungen nicht zu erbringen.

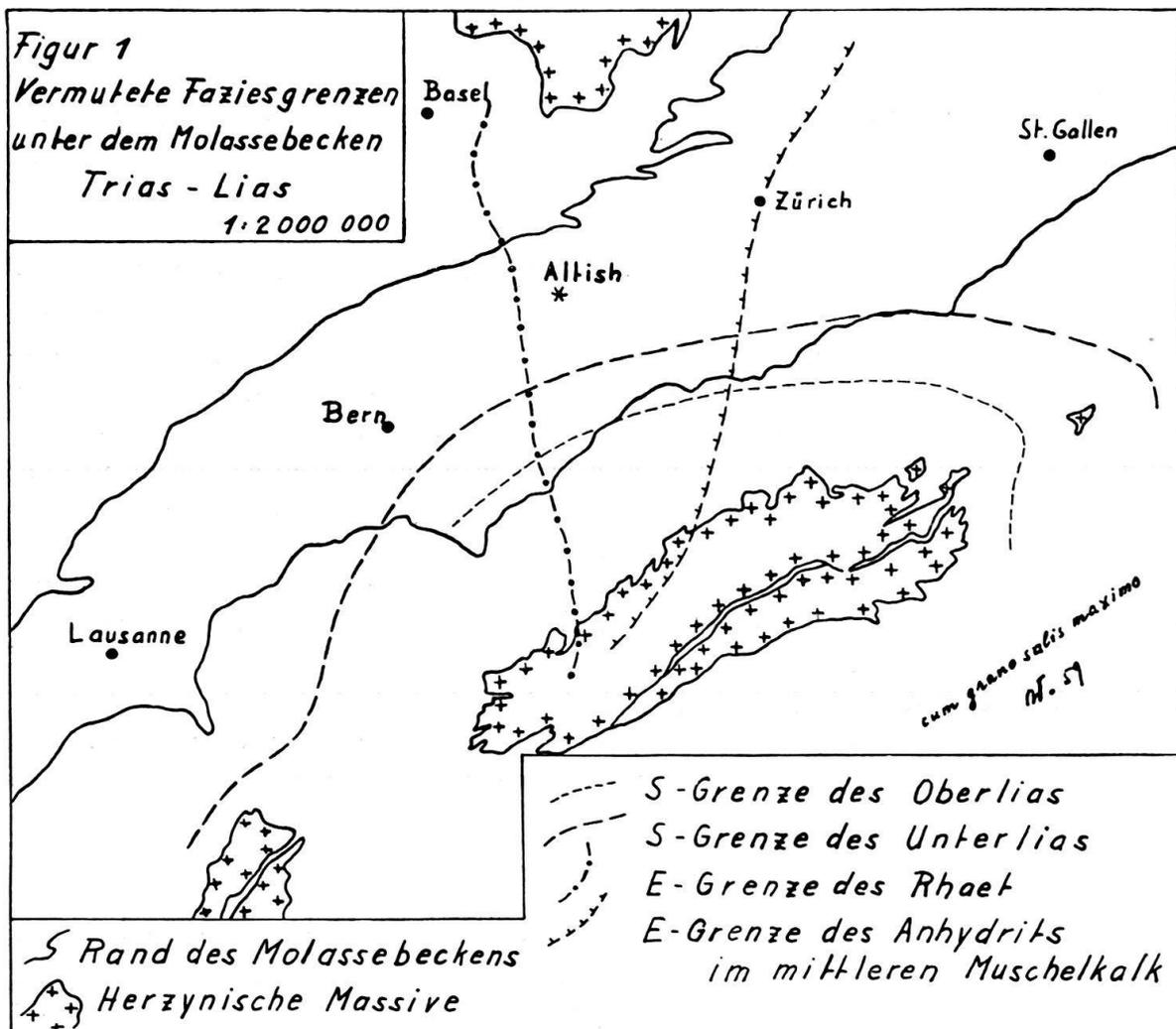
MUSCHELKALK

Auch die Wellenbildungen zeigen vom südbadisch-südwürttembergischen Bereich an eine kräftige Mächtigkeitsabnahme gegen S, W und SE (VOLLRATH 1923, FRANK 1929). Besonders betrifft dies die untere und mittlere Abteilung. Im W (Lothringen) erscheint die Sandfazies des «Grès coquillier», die auch in der Gegend von Bayreuth, am SE-Rand des Beckens gegen die böhmisch-vindelizische Landmasse, nachgewiesen ist. Wie oben ausgeführt, könnte der Melsersandstein

der helvetischen Alpen sehr wohl ebenfalls eine solche transgressive Bildung des Wellenkalkmeeres im Küstenbereich darstellen.

Der mittlere Muschelkalk ist im Jura bekanntlich als Anhydrit- und Salzformation ausgebildet. Seine Mächtigkeit beträgt in der Bohrung Buix 137 m (SCHMIDT et al. 1924), in den Bohrungen bei Lons-le-Saulnier (wo kein Steinsalz vorhanden ist) ca. 80 m, im Faltenjura vielleicht um 100 m. Falls die seismische Ermittlung der Lage der Kristallin-Oberkante bei Altshofen stichhaltig ist, könnte der mittlere Muschelkalk dort nur noch ca. 40 m dick sein; jedenfalls nimmt die Mächtigkeit auch dieser Schichtgruppe gegen SE ab.

Ein Äquivalent der Anhydritgruppe des mittleren Muschelkalks dürfte die Rauhacke sein, die im Autochthon der Schweizer Alpen W der Aare an der Basis der karbonatischen Trias auftritt (s. BRUDERER 1924; ROHR 1926)²⁾. Im Autochthon der Ostschweiz ist dagegen die ganze Röti-Serie dolomitisch ausgebildet, und der untere Teil des Rötidolomites müsste dort dem mittleren Muschelkalk entsprechen.



²⁾ Die Rauhacke in den höheren helvetischen Decken der Glarner Alpen gehört einem andern, weiter SE gelegenen Verbreitungsgebiet von mitteltriadischen Evaporiten an.

Unter dem Westteil des Molasselandes wäre der mittlere Muschelkalk also in der jurassischen Anhydritfazies (mit den «unteren Dolomiten» im Dach) entwickelt, unter dem Ostteil hingegen ausschliesslich als Dolomit. Die Grenzlinie schneidet den Nordrand der Massive bei Innertkirchen. Über ihren weiteren Verlauf unter der Molasse wissen wir vorderhand nichts. Diesem Fazieswechsel kommt aber grundlegende tektonische Bedeutung zu, ist doch die Anhydritgruppe das Abscheerungsniveau des schweizerischen Faltenjura. Das Aussetzen dieser Kette bei Dielsdorf und der auffallende Gegensatz zwischen der gefalteten mittelländischen Molasse der West- und Zentralschweiz zur kaum gefalteten, aber zerbrochenen ostschweizerischen und bayrischen Molasse ist vielleicht eben durch diesen seitlichen Wechsel von inkompetenter zu kompetenter Ausbildung des mittleren Muschelkalks mitbedingt. Wir wagen die Vermutung aufzustellen, dass die Evaporite des mittleren Muschelkalks auf das Gebiet WNW einer Linie Innertkirchen–Winterthur beschränkt seien (s. Fig. 1).

Für den Hauptmuschelkalk des Faltenjura ergibt sich aus der Literatur³⁾ das Bild einer recht konstanten Mächtigkeit (40–60 m) und einer lithologischen Gliederung, welche durchaus mit jener im benachbarten süddeutschen Gebiet übereinstimmt. Auch in der Bohrung Altshofen ist der obere Muschelkalk in dieser germanischen Fazies entwickelt, zeigt aber mit seinen 37 m bereits eine gewisse Reduktion der Mächtigkeit. Überall bildet der sehr poröse *Trigonodus*-Dolomit den oberen Abschnitt. Im Gebiet von Brugg deutet sich ein Fazieswandel an, indem auch der Trochitenkalk und der «Nodosuskalk» in zunehmendem Masse Dolomit führen.

Man darf in dieser Dolomitentwicklung wohl mit FRANK (1930) den beginnenden Faziesübergang des Hauptmuschelkalks in einen Teil des helvetischen Rötidolomits sehen. Dieser meist dichte, gelegentlich primärbrecciöse, gutgebankte, gelbstaubig anwitternde Dolomit bildet überall im helvetischen und autochthonen Bereich, zusammen mit den bereits erwähnten Rauhwacken, d. h. primär anhydritführenden Dolomiten, die mittlere, karbonatische Abteilung der Trias. Seine Mächtigkeit beträgt oft 40–50 m. Terrigene Einschlüsse sind nur ganz lokal vorhanden (roter Sandstein von Innertkirchen, ROHR 1926). Altersmässig dürfte der Rötidolomit grösstenteils dem Hauptmuschelkalk entsprechen. An Fossilien sind im Autochthon aber ausser langlebigen Formen wie *Myophoria vulgaris* (SCHLOTH.), *M. elegans* DUNK., *Entolium* cf. *discites* (SCHLOTH.), *Pleuromya musculoides* SCHLOTH.) und Vertretern des oberen Muschelkalks wie *Myophoria schmidti* WEIGELIN auch *Myophoria* cf. *orbicularis* BRONN und *Entalis* cf. *torquata* (SCHLOTH.) signalisiert worden, welche im germanischen Becken auf den unteren Muschelkalk beschränkt sind. So vorsichtig man solche verarmte Faunen auch interpretieren muss, scheint doch der Schluss erlaubt, dass auch der untere Muschelkalk, wohl nur dessen obere Abteilung (Orbicularis-Schichten) im Rötidolomit vertreten sei. Die Rauhwacke von Innertkirchen, welche wir dem mittleren Muschelkalk zurechneten, geht seitlich in normalen Rötidolomit über.

Wir nehmen also an, dass der Hauptmuschelkalk des Faltenjura, E der Linie Innertkirchen–Winterthur auch der mittlere Muschelkalk und die Orbicularis-

³⁾ P. MERKI (Zürich) führt zurzeit Untersuchungen über diese Formation durch, welche die Faziesverhältnisse im einzelnen abklären sollen.

Schichten, gegen SE unter geringer Reduktion der Mächtigkeit in die primärdolomitische Fazies des Rötidolomits übergeht. Wo und wie sich dieser Übergang vollzieht, wissen wir nicht; immerhin scheint er sich in der Gegend von Baden und Brugg bereits anzubahnen. Wir erwarten karbonatische, marine bis lagunäre Mitteltrias im Untergrund des gesamten schweizerischen Molassebeckens, mit Ausnahme vielleicht seines nordöstlichen Zipfels und einzelner, nicht vorauszusehender Streifen, wo der Muschelkalk bzw. Rötidolomit der jurassischen Erosion anheim gefallen sein mag.

Darin befinden wir uns in Übereinstimmung mit M. FRANK (1930, Tafel 25) und J. RICOUR (1952), jedoch im Gegensatz zu G. WAGNER (1956) und P. DORN (1958), auf deren paläogeographischen Karten das «Vindelizische Land» einen Ausläufer nach WSW unter das schweizerische Molasseland schickt. Wir müssen uns deshalb kurz mit der Frage der Existenz und der Lage einer solchen Landmasse zur Muschelkalkzeit auseinandersetzen. Sie ist im bayrischen Molassebecken eindeutig nachgewiesen, namentlich durch die Bohrungen von Scherstetten und Heimertingen, welche 107 bzw. 150 m kontinentale permisch-triadische Bildungen (im Fall von Heimertingen ausschliesslich Keuper ?) durchfahren haben, ohne eine Spur von marinem Muschelkalk anzutreffen (s. ROLL 1952; ROLL et al. 1953). Die Bohrung Altshofen fand dagegen normalen Hauptmuschelkalk. Es ist nun gewiss von Bedeutung, dass germanische Mitteltrias-Faunen in den helvetischen Schweizer Alpen nur aus der allernördlichsten Zone des autochthonen Aar- und Gasternmassivs signalisiert worden sind (Lauterbrunnental, Innertkirchen, Gadmen, Tödi). Wir können bloss auf die sehr klaren Ausführungen von J. RICOUR hinweisen. Wesentlich ist ferner, dass der Rötidolomit gegen SE, in den höheren helvetischen Decken der Zentralschweiz und der Glarner Alpen, durch Evaporite (Rauhwacken und Gips) ersetzt wird. Das Fehlen der marinen Trias auf Teilen des zentralen Aarmassivs (z. B. Windgälle) und des südöstlichen Montblanc-Massivs (z. B. Amône im Val Ferret) ist wohl in erster Linie auf liasische und mitteljurassische Erosion zurückzuführen.

Der Rötidolomit des nördlichsten Autochthon wurde im südlichsten Randgebiet des germanischen Muschelkalkbeckens abgelagert, wo noch Vertreter der Muschelkalkfauna existieren konnten. Nichts weist auf die Existenz einer mitteltriadischen Schwellenzone oder gar Halbinsel zwischen Faltenjura und autochthonen Massiven hin. Wohl aber bestand eine Schwelle – die den Faunenwanderungen freilich kein unüberwindliches Hindernis entgegensetzte – weiter alpineinwärts: die Mitteltrias des Ultrahelvetikum besteht fast ausschliesslich aus Rauhwacken, und im nordpenninischen Bereich (z. B. Zone des Val Ferret, oder Peidener Triaszüge) ist die ganze Trias stellenweise durch ein paar Meter Kieselschiefer, Quarzit und Rauhwacke vertreten. Diese nordpenninische Schwelle – die man wohl kaum als «vindelizisch» bezeichnen darf – trennte das germanische Binnenmeer, samt seinem helvetischen Saum, von der mittel- bis hochpenninischen Miogeosynklinale des Briançonnais s. l.

KEUPER

Zu beiden Seiten des Molassebeckens treten bunte, grossenteils kontinentale Ablagerungen der oberen Trias zutage: Keuper des Faltenjura, Quartenschiefer

der helvetischen Alpen. Wenn sich diese beiden Serien auch zweifellos entsprechen, so zeigen sie doch recht erhebliche Unterschiede; so ist die Mächtigkeit der Quartenschiefer geringer, und es fehlen ihnen die mächtigen Evaporitbildungen des Jura-gebirges. Es ist bei kontinentalen Gesteinsfolgen natürlich besonders schwierig, Prognosen über ihre Verbreitung zu stellen.

Der Gipskeuper ist im Faltenjura wohl entwickelt und misst noch in der Bohrung Altishofen ca. 100 m. Am Westfuss des Jura wird er gegen 200 m dick und enthält Steinsalz sowie Polyhalit; hier befand sich offenbar das Zentrum dieses triadischen Salzbeckens. Die autochthonen Quartenschiefer sind dagegen gips- und salzfrei, ebenso wie der fragliche Keuper der oberschwäbischen Bohrungen; das obertriadische Steinsalz von Bex (Ultrahelvetikum) gehört einem andern Salzbecken an. Man wird deshalb mächtigere Sulfatlager des Keupers nur unter dem nördlichen bzw. nordwestlichen Teil des Molassebeckens erwarten. Es kann heute noch nicht entschieden werden, ob der Gipskeuper gegen SE auskeilt oder ob er – was an sich wahrscheinlicher ist – in evaporitfreie Fazies übergeht.

Der Schilfsandstein des mittleren Keupers ist rings um das Molassebecken nachgewiesen; dabei sind die Equisetenschiefer besonders im westlichen und zentralen Abschnitt der autochthonen Zone entwickelt, während ihre Ausbildung in der Ostschweiz viel weniger typisch ist. Das interessante marine Schichtglied des Gansinger Dolomits (Dolomie moëllon) ist vielleicht unter einem grossen Teil des Molasselandes anzutreffen.

Den meisten Profilen im Sedimentmantel der autochthonen Massive fehlen die Quartenschiefer völlig, und der Dogger transgrediert auf Rötidolomit, im Bereich des Windgälle- und des Montblanc-Rückens sogar auf Kristallin. Dieses Fehlen dürfte aber hauptsächlich den jurassischen Erosionsphasen zur Last fallen. Immerhin ist nicht zu übersehen, dass die nordhelvetischen Quartenschiefer auch dort, wo sie normal von Rhaet überlagert werden, im Maximum bloss 50 m mächtig sind; Sandsteine und Dolomitbreccien sind darin stark vertreten. Wahrscheinlich ist die Schichtreihe der helvetischen Obertrias sehr lückenhaft.

Zusammenfassend kann vorausgesehen werden, dass kontinentale Siltsteine und Sandsteine des Keupers im Untergrund des schweizerischen Molassebeckens vorliegen, vielleicht mit Ausnahme einer Zone in der Nähe des Alpenrandes, wo sie der liasischen und mitteljurassischen Erosion zum Opfer gefallen sind. Gegen SE werden die sulfatischen Ablagerungen aussetzen, und die Gesamtmächtigkeit wird sich in der selben Richtung um mehr als die Hälfte verringern.

Auffallend ist die Verbreitung des Rhaet. In sandiger Fazies mit einer mitteleuropäischen Muschelfauna ist das Rhaet sowohl im Schweizer Jura als auch im autochthonen Bereich der Alpen nachgewiesen, aber nur W des Ergolztales bzw. des Lauterbrunnentales (ERNI 1910; FRANK 1930). Wir können also mit ziemlicher Sicherheit angeben, dass die einige Meter mächtigen, porösen Rhaetsandsteine im Untergrund der Molasse W der Linie Oensingen–Interlaken entwickelt sind (Fig. 1).

Das sehr geringmächtige schwäbische Rhaet, das noch bei Oberhallau ansteht, kann vielleicht in der Nordostschweiz sporadisch vorkommen. Einem viel interneren, bereits alpinen Faziesbezirk entspricht das Rhaet der helvetischen Decken (Jochpass, Glarner Alpen).

LIAS

Die palaeogeographischen Verhältnisse liegen zur Liaszeit ganz anders als während der Trias (M. FRANK 1930). In der Schweiz bestand in der mittleren Trias, wie bereits ausgeführt, keine trennende Aufwölbung zwischen germanisch-jurasischem und autochthon-nordhelvetischem Ablagerungsbereich, und auch das germanische Keuperbecken griff auf den Nordrand der heutigen Alpen über. Im Lias aber bildet sich eine solche Trennung aus, während gleichzeitig die geosynklinale Absenkung erstmals den südlichen helvetischen Bereich erfasst. Die liasische Landmasse, das Alemannische Land (TRÜMPY 1949), ist also nicht einfach ein regenerierter Teil des – vorher hier ja gar nicht existierenden – Vindelizischen Landes, wie dies P. DORN (1958) geltend macht, sondern ein ganz neues palaeogeographisches Element.

Der Südrand dieser Insel oder Halbinsel ist in den helvetischen Alpen abgeschlossen und braucht uns hier nicht weiter zu beschäftigen. Von Bedeutung ist bloss, dass dieser Südrand schräg zu den tektonischen Leitlinien und mehr in E–W-Richtung verläuft, so dass Teile des Montblanc-Massivs und sogar des Aiguilles-Rouges-Massivs (Arbignon) mächtige Liasbildungen in ihrem Sedimentmantel aufweisen. Das Fehlen des Lias in den übrigen autochthonen Massiven und den tieferen helvetischen Decken der Ostschweiz dürfte weitgehend primär sein. Allgemein wird der Liastrog gegen SW, d. h. mit der Annäherung an die Geosynklinale des Dauphiné, tiefer. Es wäre sogar theoretisch denkbar, dass Ausläufer der mächtigen Mergelfazies des Dauphiné noch die Gegend des Genfersees erreichen.

Für unsere Problemstellung sollten wir aber den Nordrand des Alemannischen Landes fixieren können. Dies ist vorderhand sehr schwierig. Die Faziesverhältnisse in den Westalpen und im Südjura lassen vermuten, dass der Lias unter dem grössten Teil des westschweizerischen Molasselandes, zum mindesten NW einer Linie Montreux–Bern, vorhanden ist; am Jurafuss könnte er vielleicht um 50 m messen und würde gegen SE geringmächtiger und sandiger. Doch sind dies ganz vage Vermutungen.

Für den mittleren Abschnitt des schweizerischen Molassebeckens haben wir etwas mehr Anhaltspunkte, da der Lias seinem Nordrand entlang zutage tritt. Im Kanton Schaffhausen zeigt er noch durchaus dieselbe Fazies wie im schwäbischen Becken, allerdings mit nur 40–50 m Mächtigkeit. Gegen SW tritt eine weitere, starke Reduktion ein, und in der Gegend von Baden–Brugg misst der gesamte Lias 25–30 m. Wir befinden uns hier im Bereich einer Schwelle, welche das schwäbische Becken vom französischen trennte. Im Aargauer und Solothurner Faltenjura mehren sich auch die Anzeichen von Landnähe. Dazu ist namentlich die Sandstein- bzw. Sandkalkfazies des oberen Hettangian, des Sinemurian s. str. und des Oberlotharingian-Pliensbachian s. str. zu rechnen. Die grössten Liassandsteine finden sich im Weissensteingebiet, und am Passwang reicht die Sandschüttung am weitesten nach N. Die reiche Fauna der schwäbischen Arietenkalke verarmt gegen S immer mehr, besonders was die Ammoniten betrifft. Schon OSWALD HEER wies nach, dass die Insektenmergel des östlichen Aargauer Jura in einer ruhigen Bucht,

in unmittelbarer Nähe des Festlandes, zum Absatz kamen⁴). Im Aargauer Jura kann der Mittellias, namentlich das Domerian, stellenweise fehlen; am Hauenstein vertritt ein 12 cm mächtiger Kondensationshorizont Domerian und unteres Toarcian. In Anbetracht dieser Erscheinungen bedeutet es eine gewisse Überraschung, dass die Bohrung Altshofen doch noch 30 m Lias durchfuhr. Die Südgrenze der Liasverbreitung liegt offensichtlich weiter von Juraramd weg, als wir dies auf unseren früheren Schemata (1949, 1952) eingezeichnet hatten (vgl. Fig. 1).

In der Bohrung von Tettngang N Friedrichshafen ist der Lias 22–24 m mächtig (SCHNEIDER in DORN 1958, S. 330). Die Bohrung von Heimertingen (VOLZ 1956) zeigte 12,5 m sehr lückenhaft entwickelten Lias; diejenige von Scherstetten bei Augsburg liegt schon im Bereich des Vindelizischen Landes, wo der untere Dogger über kontinentale permisch-tradische Sedimente transgrediert. Es stellt sich die Frage, ob das Vindelizische und das Alemannische Land im Untergrund des Allgäu, des Vorarlberg und des st.-gallischen Rheintales zusammenhängen, oder ob hier im Gegenteil eine Meeresstrasse schwäbisches und helvetisches Liasmeer verband. Auf Grund der faunistischen Verhältnisse im Lias der Glarner Alpen nahmen wir seinerzeit (1949) an, dass eine direkte Meeresverbindung im E des Alemannischen Landes vielleicht seit dem Lotharingian, sicher seit dem Mittellias bestanden habe. Im allmählichen Zusammenbruch des Alemannischen Landes und in der Öffnung dieser Meeresstrasse sahen wir die Ursache für die fortschreitende «Germanisierung» der alpinen Liasfaunen, den immer stärkeren Einfluss mitteleuropäischer Elemente, den auch SCHROEDER in den Fleckenmergeln der Ostalpen und PETERHANS im Lias der Klippen-Decke festgestellt hatten. Doch beruht diese Verschiebung der Faunenprovinzen, welche H. MENSINK (Vortrag an der Jahresversammlung der Geologischen Vereinigung, 1959) sogar aus Spanien meldet, vielleicht nicht nur auf solchen lokalen Ursachen.

Gesichert ist die Existenz einer marinen Strasse zwischen Alemannischem und Vindelizischem Land im Oberlias. Bei Vättis erreicht die Transgression des mittleren Toarcian (Zone des *Hildoceras bifrons*) das Ostende der autochthonen Massive. Die Posidonienschiefer Schwabens sind ja offenbar ziemlich weit von der Küste weg abgelagert worden und nehmen, nach den Ergebnissen der Bohrung Ehingen (BENTZ 1949), als einzige Abteilung des Lias gegen SE, gegen die Donau hin, an Mächtigkeit zu. Dagegen fehlt der untere Lias epsilon bei Heimertingen, so dass die Meeresstrasse weiter im W, im Rheingebiet, zu erwarten ist. Wir vermuten, dass die bituminösen Oberliasschiefer unter dem grössten Teil der nordostschweizerischen Molasse vorhanden sind, und dass sich darunter mindestens zonenweise noch geringmächtige Bildungen des unteren und mittleren Lias vorfinden.

⁴) Eine Revision sämtlicher Ammoniten aus den Insektenmergeln der Schambelen (ca. 25 meist schlecht erhaltene Exemplare) ergab die Anwesenheit folgender Formen: *Wahneroceras* cf. *longipontinum* (OPP.) (hierzu wahrscheinlich ein *Anaptychus*); *W.* aff. *longipontinum* (weitrippige Form); *Wahneroceras* aff. *megastoma* (GÜMBEL); *W.* aff. *subangulare* (OPP.); *Phylloceras* (*Paradasyceras*) cf. *uermoesense* (HERBICH). Demnach gehören diese Schichten ins mittlere Hettangian (Zone oder Teilzone des *Wahneroceras megastoma*). Bemerkenswert ist das Auftreten «alpiner» Formen, die ja auch den gleichalterigen Ablagerungen Württembergs nicht fremd sind.

DOGGER (und Oxfordian s. str.)

Gegenüber der Liaszeit ist wiederum eine tiefgreifende Umgestaltung der palaeogeographischen Konstellation eingetreten: das Alemannische Land wird bis auf geringe Reste (an seinem ehemaligen Südrand) überflutet. Helvetisches und jurassisches Doggermeer kommunizieren, und mehrere Schichtglieder sind beiden Rändern des Molassebeckens gemeinsam.

Eine solche Uniformität der Fazies stellt sich gleich zu Beginn des mittleren Jura, mit dem unteren Aalenian ein. Im Autochthon kam die Transgression wahrscheinlich von E. An der Basis des Doggers findet sich dort ein geringmächtiger Spatkalk, lokal ein Konglomerat. Sonst entsprechen die «Opalinusschiefer» der Alpen zweifellos den Opalinustonen des Jura, im Autochthon wohl nur deren oberem Teil⁵). Ihre Mächtigkeit nimmt im Jura von NW gegen SE ab (150 m in der Bohrung Buix, 80–100 m im Solothurner und Aargauer Faltenjura, 67 m in der Bohrung Altishofen). Im autochthonen Sedimentmantel des Aarmassivs sind die Aalenian-Schiefer meist zwischen 15 und 25 m dick. Da der Dogger alpha noch bei Heimertingen 69 m misst, dürften die Aalenian-Tone das gesamte Molasseland der Ost- und Zentralschweiz unterteufen.

Die Fazies des oberen Aalenian (Dogger beta) ist im Jura gemischt (Echinodermenkalke, feinkörnige Mergelsandsteine, Eisenoolithe), im Helvetikum tonig-sandig (Eisensandstein). Ob die Echinodermenfazies auch in den Alpen zonenweise schon im Aalenian einsetzt, muss noch abgeklärt werden. Mit dem helvetischen Eisensandstein können die schwäbischen Doggersandsteine verglichen werden, deren Quarzsand wahrscheinlich auch aus S stammt (ALDINGER 1953). In Scherstetten ist der Dogger beta mit 30 m noch ziemlich mächtig.

Interessant ist die Faziesverteilung im Bajocian. Im einzelnen ist sie schwer zu überblicken; doch kann man im Schweizer Jura (s. ARKELL 1956; LIEB 1945; MÜHLBERG 1900; ROLLIER 1911; SCHMASSMANN 1945) in grob schematisierter Weise drei Faziesbereiche unterscheiden:

1. Der nordöstliche Jura gehört zum Bereich der schwäbischen, vorwiegend mergeligen Entwicklung, mit geringer Mächtigkeit namentlich des oberen Bajocian. In der Gegend der unteren Aare liegt die recht unvermittelte Grenze gegen

2. den Bereich des nordwestlichen Jura. Er ist vor allem charakterisiert durch die bis 100 m mächtigen oolithischen Kalke (Hauptrogenstein) des oberen Bajocian. Das Korallenriff der Gislifluh, NE Aarau, liegt an der Grenze gegen die Mergelfazies. Das untere Bajocian besteht in diesem Bereich aus Tonen, mehr oder weniger sandigen Mergelkalcken, Spatkalken und Eisenoolithen.

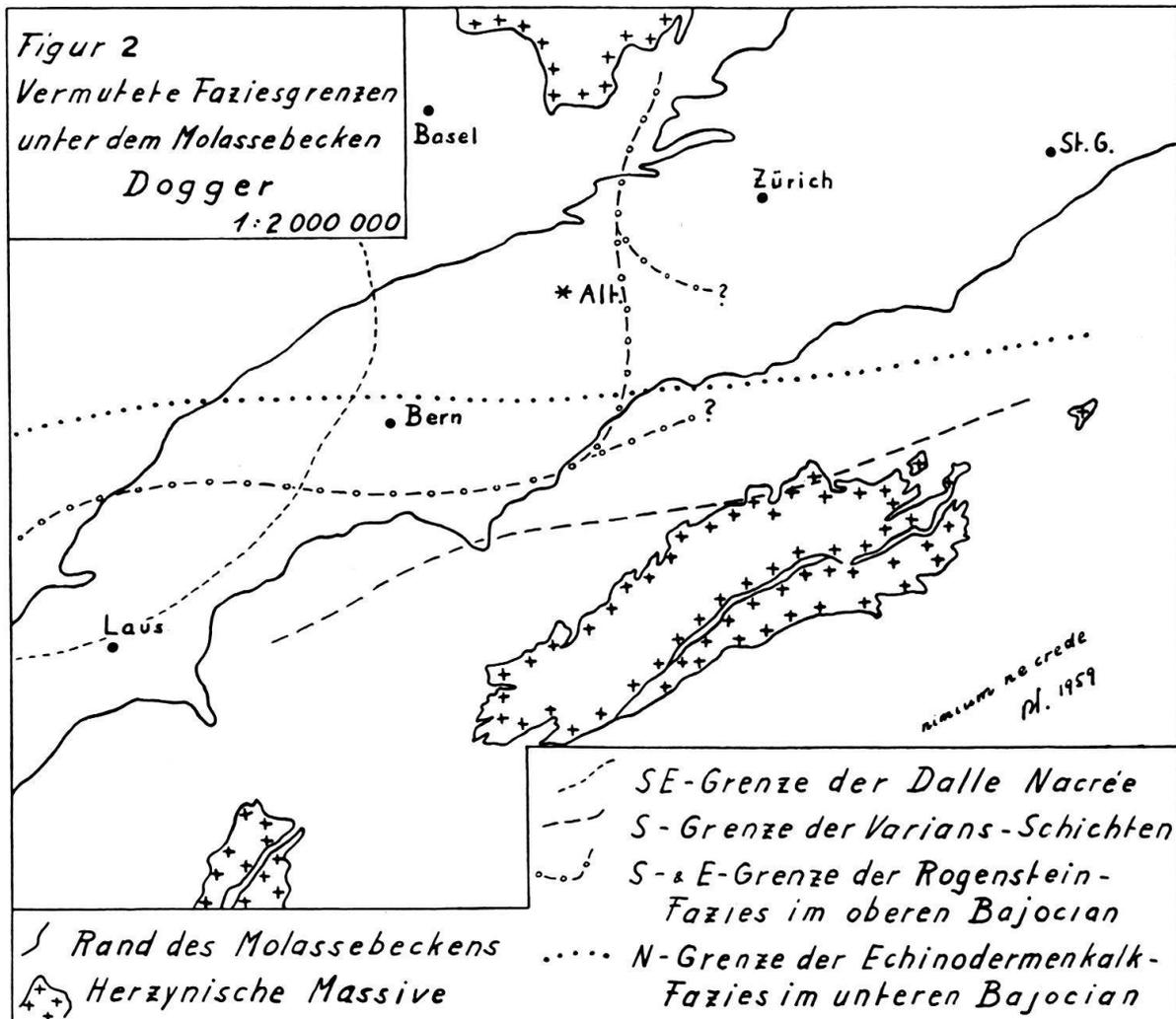
3. Im waadtländisch-neuenburgischen Jura ist das untere Bajocian durch mächtige Echinodermenkalke mit einigen Niveaus von kieseligen und mergeligem Kalk, sowie mit Linsen oder Lagen von koralligem Kalk vertreten⁶). Auch die oolithischen Kalke des oberen Bajocian werden gegen S feinspätig.

Das Bajocian der autochthonen Zone der Schweizer Alpen (BIRCHER 1935; BRUDERER 1924; ROHR 1926) zeigt die weitaus stärksten Analogien zu diesem dritten, südjurassischen Faziesbereich. Allerdings sind die Echinodermenkalke im

⁵) Die Stratigraphie des helvetischen Aalenian ist noch sehr schlecht bekannt. Für die Ostschweiz wird sie z. Zt. durch Frl. S. DOLLFUS (Zürich) untersucht.

⁶) Die N-Grenze dieser Fazies sollte auf Fig. 2 von Bern weg gegen NW gezogen werden.

Sedimentmantel der Massive meist nur 10–20 m mächtig. Dies kann z. T. auf ihrer transgressiven Lagerung beruhen (sie greifen stellenweise bis aufs Kristallin hinab), andererseits aber auch auf der Reduktion des oberen Bajocian, welches ja in der Zentral- und Ostschweiz durch den dünnen Kondensationshorizont des «unteren Eisenooliths» vertreten ist.



Im Untergrund des Molassebeckens wurde bei Altshofen typischer, ca. 70 m mächtiger Hauptrogenstein erbohrt. Die oberschwäbischen Bohrungen zeigten reduzierte schwäbische Fazies. Bei Scherstetten fehlt das Bajocian interessanterweise völlig. Dies ist wohl nicht als Anzeichen einer Festlandphase zu werten, sondern es findet gegen E eine immer stärkere Kondensation des mittleren und oberen Doggers statt, bei persistierender Meeresbedeckung.

Wir haben in der Skizze Figur 2 versucht, einige Faziesgrenzen unter dem Molassebecken zu extrapolieren und dabei zum Ausdruck gebracht, dass wir den Hauptrogenstein nur unter einem zentralen Abschnitt des Beckens erwarten. Es liesse sich aber auch eine andere Hypothese vertreten, diejenige nämlich, dass sich die Oolithfazies in einem gegen E schmaler werdenden Gürtel zwischen der Spatkalkfazies im S und der Mergelfazies im NE findet. Sie würde damit noch den

südlichen Teil des ostschweizerischen Molasselandes unterlagern. Mit einem solchen E–W-Verlauf der Linien gleicher Fazies stünde im Einklang, dass die Schlammfazies des Dauphiné in der Morcles-Decke der Westschweiz und den höheren helvetischen Decken der Zentralschweiz auftritt. Doch kann diese ölgeologisch nicht bedeutungslose Frage heute kaum entschieden werden.

Das Bathonian ist im Schweizer Jura selten über 25 m mächtig. Seine untere Abteilung besteht im Ostjura aus eisenschüssigen Echinodermenkalken (Spatkalk), die auch in der Bohrung Altishofen nachgewiesen wurden. Im Westjura ist die mergelige Fazies der Marnes du Furcil zu erwähnen. Das obere Bathonian wird namentlich durch die Varians-Schichten vertreten. Es ist nun bemerkenswert, dass diese Varians-Schichten in 2–3 m Mächtigkeit noch das Autochthon des Haslitales und des Reusstales erreichen, wo sie einen dünnen Horizont von Mergelschiefern des unteren Bathonian überlagern. Dies weist eindrücklich darauf hin, dass im Dogger keine Barriere unter dem Molassebecken bestand. In den übrigen Teilen des autochthonen Sedimentmantels fehlt das Bathonian, oder es ist kondensiert und im Blegi-Eisenoolith, der ja neben Formen des unteren und mittleren Callovian auch zahlreiche Bathonian-Ammoniten geliefert hat, enthalten.

Das Callovian des Schweizer Jura zeigt wiederum eine komplexe Faziesverteilung. Gestützt auf die Untersuchungen von A. STÄUBLE (1959) vermuten wir die SE-Grenze der Dalle Nacrée (Echinodermen- und Bryozoenkalke des unteren Callovian) längs einer Linie Solothurn–Freiburg–Lausanne. Südöstlich davon liegt ein Gürtel mit vorwiegend toniger Ausbildung des unteren Callovian, in der Grenzzone noch mit geringmächtigen Äquivalenten der Dalle Nacrée im Dach. Mittleres und oberes Callovian sind überall kondensiert. Es ist nicht ausgeschlossen, dass das Areal der Callovian-Tone des Jura über die östliche Genferseegegend mit demjenigen der westalpinen Callovo-Oxford-Schiefer («Terres noires») zusammenhängt (vgl. DREYFUSS 1954). Im autochthonen Bereich ist das Callovian sehr geringmächtig und bildet, stellenweise zusammen mit dem Bathonian, den meist 1–2, lokal bis 6 m dicken Blegi-Eisenoolith. Auch in den oberschwäbischen Bohrungen ist das Callovian äusserst kondensiert, dabei aber fossilreich. Diese reduzierte Fazies des Callovian dürfte unter dem ganzen Ostteil des schweizerischen Molasselandes, ESE einer sehr hypothetischen Linie Brugg–Thun, durchziehen.

Der unterste Malm, das Oxfordian s. str., schliesst sich paläogeographisch in der uns interessierenden Gegend an den Dogger an, so dass er mit diesem behandelt werden mag. Gebiete, in denen das Oxfordian in toniger Fazies und erheblicher Mächtigkeit ausgebildet ist, liegen beidseits ausserhalb des Molassebeckens: im nordwestlichen Jura einerseits, in der Morcles-Decke der Westschweiz und den eigentlichen helvetischen Decken der Zentralschweiz andererseits. Dazwischen findet sich ein weiter, gewiss den Untergrund des ganzen Mittellandes umfassender Bereich, wo das Oxford entweder auf wenige dm oder cm toniger und eisenoolithischer Sedimente beschränkt ist oder, wie in Teilen des Neuenburger und Aargauer Jura, sowie im autochthonen Sedimentmantel mit Ausnahme des Reusstals, gänzlich fehlt.

Überhaupt war die Sedimentation zur Zeit des mittleren-oberen Dogger und untersten Malm in einem ausgedehnten Bezirk Mitteleuropas ausserordentlich verlangsamt. Bald betrifft diese Kondensation einige wenige Ammonitenzonen, bald

sämtliche Stufen von Bajocian bis Oxfordian. Dabei enthalten diese ganz geringmächtigen Schichten durchwegs eine reiche, normalmarine Fauna, ohne irgendwelche Anzeichen von Landnähe. Offenbar bestand hier lange Zeit eine Plattform, vielleicht in recht erheblicher Meerestiefe, auf der die Sedimentbildung durch mangelnde Materialzufuhr erschwert war. Diese Sedimentationshemmung findet zu Beginn des Argovian ein plötzliches Ende, und im Oberjura ist das palaeogeographische Bild wieder ein völlig neues. Zum erstenmal ergreift eine kräftige Subsidenz das Gebiet der autochthonen Massive, wo sich über den dünnen «Zwischenbildungen» (Trias und Dogger) die mächtigen Mauern der Malmkalke erheben. Es bildet sich der Trog der subeuxinischen Quintnerkalk-Fazies, dessen NW-Grenze schräg durch das schweizerische Molassebecken verläuft.

ZITIERTER LITERATUR

- ALDINGER, H. (1953): *Die Herkunft der sandigen Ablagerungen im schwäbischen Lias und Dogger*. N. Jb. Geol. u. Pál. Abh. 97, S. 220–240.
- ARKELL, W. J. (1956): *Jurassic Geology of the World*. Edinburgh and London.
- BENTZ, A. (1949): *Bau und Erdölhöflichkeit des Molassetrogs von Oberbayern und Oberschwaben*. Erdöl u. Kohle 2, S. 41–52.
- BIRCHER, W. (1935): *Studien im oberen Bajocien der Ostschweiz (Glärner- und St. Galleralpen)*. Kairo (Diss. Univ. Zürich).
- BONTE, A. et al. (1953): *Le bassin houiller de Lons-le-Saulnier*. Annales des Mines 6, S. 3–50.
- BRINKMANN, R., GUNDLACH, K., LOEGTERS, H., & RICHTER, W. (1937): *Mesozoische Epirogenese und Paläogeographie in den österreichischen Nordalpen*. Geol. Rdsch. 28, S. 438–447.
- BRUDERER, W. (1924): *Les sédiments du bord septentrional du Massif de l'Aar, du Trias à l'Argovien*. Lausanne.
- BRUNNSCHWEILER, R. (1948): *Beiträge zur Kenntnis der Helvetischen Trias östlich des Klausenpasses*. Zürich.
- CADISCH, J. (1953): *Geologie der Schweizer Alpen*. 2. Aufl. Basel.
- CORNELIUS, H. P. (1925): *Zur Vorgeschichte der Alpenfaltung*. Geol. Rdsch. 16, S. 350–377, 417–435.
- DORN, P. (1958): *Problematik des Vindelizischen Landes*. Geologie Jg. 7, H. 3–6.
- DREYFUSS, M. (1954): *Le Jura dans les Mers du Jurassique supérieur*. Mém. Soc. géol. France [n. s.] 33, fasc. 1 (mém. no. 69).
- ERNI, A. (1910): *Das Rhät im schweizerischen Jura*. Eclogae geol. Helv. 11, 1, S. 5–54.
- FRANK, M. (1929): *Zur Stratigraphie und Paläogeographie des Wellengebirges im südlichen Schwarzwald*. Mitt. Min.-Geol. Inst. T. H. Stuttgart 6.
- (1930): *Beiträge zur vergleichenden Stratigraphie und Bildungsgeschichte der Trias-Lias-Sedimente im alpin-germanischen Grenzgebiet der Schweiz*. N. J. Min. etc., Beil.-Bd. 64, B, S. 325–426.
 - (1937): *Ergebnisse neuer Untersuchungen über Fazies und Bildung von Trias und Jura in Südwest-Deutschland*. Geol. Rdsch. 28, S. 465–498, 561–598.
- HEIM, ALB. (1919): *Geologie der Schweiz*. Bd. I (Molasseland und Juragebirge). Leipzig.
- (1921): *Geologie dre Schweiz*. Bd. II/1 (Die Schweizer Alpen, 1. Hälfte). Leipzig.
- JEANNET, A. (1934): *Le Jura, Stratigraphie*. In: Geologischer Führer der Schweiz. Basel.
- KOPP, J. (1955): *Die Ergebnisse der Erdölbohrungen Altishofen*. Mitt. naturf. Ges. Luzern 17, S. 197–214.
- LIEB, F. (1945): *Die Brachiopoden des mittlereen Doggers des schweizerischen Juras und ihre stratigraphische Bedeutung*. Tätigk.-Ber. naturf. Ges. Baselland 15.
- LUGEON, M. (1930): *Trois tempêtes orogéniques. La Dent de Morcles*. Livre jub., Cent. Soc. géol. France, S. 499–512.
- MÜHLBERG, M. (1900): *Vorläufige Mitteilung über die Stratigraphie des Braunen Jura im nord-schweizerischen Juragebirge*. Eclogae geol. Helv. 6, 4.

- RICOUR, J. (1952): *A propos de la «chaîne vindélicienne»*. C. R. somm. Soc. géol. France 11, p. 242–243.
- ROHR, K. (1926): *Stratigraphische und tektonische Untersuchung der Zwischenbildungen am Nordrande des Aarmassivs (zwischen Wendenjoch und Wetterhorn)*. Beitr. geol. Karte Schweiz [NF], 57, 1.
- ROLL, A. (1952): *Der unmittelbare Nachweis des Vindelizischen Rückens unter der süddeutschen Molasse*. Geol. Rdsch. 40, 2, S. 243–248.
- ROLL, A. et al. (1953): *Die Erdölaufschlussbohrung Scherstetten I südwestlich Augsburg*. Geol. Bavarica 24. Bes. Beiträge von H. ALDINGER (S. 89–97), H. FAHRION (S. 86–88), H. FUECHTBAUER (S. 99–101); K. LEMCKE (S. 10–11, 52–64, 97–98, 149–175) und E. WEBER (S. 65–85).
- ROLLIER, L. (1911): *Les faciès du Dogger ou Oolithique dans le Jura et les régions voisines*. Denkschr. Stifftg. Schnyder von Wartensee, Zürich.
- SCHMASSMANN, H.J. (1945): *Stratigraphie des mittleren Doggers der Nordschweiz*. Tätigkber. naturf. Ges. Baselland 14.
- SCHMASSMANN, H., & BAYRAMGIL, O. (1946): *Stratigraphie, Petrographie und Paläogeographie der Perm-Formation im schweizerischen Tafeljura und die Steinkohlenfrage der Nordschweiz*. Tätigk.-Ber. naturf. Ges. Baselland 15 (1945).
- SCHMIDT, C. et al. (1924): *Die Bohrungen von Buix bei Pruntrut und Allschwil bei Basel*. Beitr. Geol. Schweiz [Geotechn. Ser.], 10. Lfg.
- STÄUBLE, A. (1959): *Zur Stratigraphie des Callovian im zentralen Schweizer Jura*. Eclogae geol. Helv. 52, 1, S. 57–176.
- Stratigraphisches Lexikon der Schweiz (im Druck). Artikel über Trias und Jura des Juragebirges (A. WAIBEL) und der helvetischen Alpen (R. TRÜMPY).
- TRÜMPY, R. (1949): *Der Lias der Glarner Alpen*. Denkschr. schweiz. naturf. Ges. 79, 1.
- (1952): *Der Nordrand der liasischen Thetys in den Schweizer Alpen*. Geol. Rdsch. 40, 2, S. 239–242.
- VOLLRATH, P. (1923): *Beiträge zur Stratigraphie und Paläogeographie des fränkischen Wellengebirges*. N. Jb. Min., Geol. u. Pal., Beil.-Bd. 50, S. 120–288.
- VOLZ, E. (1956): *Die Molassestruktur Heimertingen und Lauben*. Erdölzeitschrift.
- WAGNER, G. (1956): *Muschelkalkmeer und Tethys*. Mitt. oberrhein. geol. Ver. [NF] 38, S. 77–81.