

Zeitschrift: Eclogae Geologicae Helvetiae
Herausgeber: Schweizerische Geologische Gesellschaft
Band: 60 (1967)
Heft: 2

Artikel: Versuch einer Zeitkorrelation zwischen Plattformcarbonaten und tiefermarinen Sedimenten mit Hilfe von Quarz-Feldspat-Schüttungen (mittlerer Malm des Schweizer Jura)
Autor: Bolliger, Werner / Burri, Peter
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-163495>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 17.05.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Versuch einer Zeitkorrelation zwischen Plattformcarbonaten und tiefermarinen Sedimenten mit Hilfe von Quarz-Feldspat-Schüttungen (mittlerer Malm des Schweizer Jura)

Von WERNER BOLLIGER und PETER BURRI¹⁾

Mit 4 Textfiguren

ZUSAMMENFASSUNG

Im zentralen Schweizer Jura wurden die räumlichen und zeitlichen Beziehungen zwischen den verschiedenen lithostratigraphischen Komplexen des mittleren und oberen Oxfordien (nach J. H. CALLOMON 1964) anhand von 19 Profilen untersucht.

Der Sedimentationsraum gliedert sich in eine Carbonatplattform mit Korallenriffen und Seichtwassersedimenten im Nordwesten und ein tiefermarines Becken mit überwiegender Ton-Mergel-Sedimentation im Südosten. Eine Zeitkorrelation zwischen den beiden Ablagerungsgebieten ist bisher auf biostratigraphischer Grundlage nur beschränkt möglich gewesen.

Anhand von Messungen in HCl-unlöslichen Rückständen und in Schlifflen wurde dagegen die Quarz-Feldspat-Verteilung in den einzelnen Profilen ermittelt. Die Ergebnisse lassen den Schluss zu, dass diese terrigenen Schüttungen einen übergeordneten Parameter liefern, der im ganzen Untersuchungsgebiet brauchbare Zeitmarken setzt. Die daraus abgeleiteten Beziehungen ermöglichen die Formulierung eines Modells der Entwicklung einer Carbonatprovinz mit wechselnder Zufuhr terrigener Materials und ergeben grundlegende Konsequenzen für Stratigraphie und Paläogeographie: Das auf A. GRESSLY zurückzuführende «Rauracien» entspricht demnach nur den Birnenstorfer Schichten, d. h. dem untersten Teil des «Argovien», während die Effinger und Geissbergschichten (oberes «Argovien») bereits mit dem «Sequanien» des westlichen Jura zu korrelieren sind. Eine neue Definition und zeitliche Einstufung der lithologischen Einheiten drängt sich auf.

RÉSUMÉ

La province sédimentaire de l'Oxfordien moyen et supérieur (au sens de CALLOMON 1964) dans le Jura central Suisse est constituée par une plateforme couverte de récifs coralliens et de sédiments de faible profondeur. Il s'y ajoute vers le sud-est un bassin plus profond à sédiments marno-calcaires. Entre ces deux régions, la corrélation chronologique basée sur la biostratigraphie n'a pas donné de résultats satisfaisants.

La distribution du quartz et des feldspaths dans 19 coupes stratigraphiques a été mesurée dans les résidus insolubles (dans l'acide chlorhydrique) et des plaques minces. Elle permet de conclure que les apports terrigènes s'étendent dans toute la région en marquant des horizons synchrones. Il en est déduit d'une part un modèle d'évolution d'une province carbonatée où l'apport terrigène est variable. D'autre part les conséquences stratigraphiques sont considérables: A. GRESSLY avait attribué le même âge à l'«Argovien» et au «Rauracien» en définissant les deux types principaux de faciès Jurassien. Or, d'après les corrélations proposées ici, le «Rauracien» ne correspond qu'aux

¹⁾ Geologisch-Paläontologisches Institut der Universität Basel

couches de Birmenstorf, partie la plus basse de l'«Argovien», tandis que la plus grande partie de l'«Argovien», les couches d'Effingen et les couches de Geissberg, sont à corrélérer au «Séquanien» du Jura occidental.

En outre, une nouvelle définition des unités lithologiques s'impose.

ABSTRACT

The space-time relations between the different lithostratigraphic units of the Middle and Upper Oxfordian in the central Swiss Jura Mountains are revised.

The area of sedimentation consists of two major depositional provinces, a carbonate-platform with coral reefs and shallow water sediments in the north-west and a deeper marine basin with predominant clay-marl sediments in the south-east. Thus far it has not been possible to use biostratigraphy for a satisfactory time-correlation between the two depositional realms.

With the help of measurements of HCl-insoluble residues and in thin-sections, the quantitative distribution of quartz and feldspat in 19 profiles was determined.

It is concluded that the influx of terrigenous material is independent of gross lithology, apparently because it was regionally superposed on local deposition in both areas. If so, it may be used for time-correlation, which allows the construction of a new model for the development of this carbonate province.

Of the traditional formations (units used for mapping), the «Rauracien» in the north-west is equivalent only to the thin Birmenstorfer Schichten in the south-east (basal «Argovien»), whereas the Effinger and Geissbergschichten (upper «Argovien») correlate with the «Sequanien» of the north-western region.

Einleitung

Am Geologisch-Paläontologischen Institut der Universität Basel sind zurzeit zwei Dissertationen zur Sedimentologie und Stratigraphie des mittleren Malms im zentralen Schweizer Jura in Bearbeitung. Stratigraphisch umfassen die Arbeiten einen Teil des mittleren und das obere Oxfordien, wie es von J. H. CALLOMON (1964) definiert wurde. Der Stufenname Oxfordien wird hier stets im Sinne W. J. ARKELL's (1956) verwendet. Von den bisherigen im Jura benützten Kartierungseinheiten umfasst die Arbeit «Rauracien», «Argovien» und «Sequanien».

An dieser Stelle soll nur ein vorläufiges Resultat vorgelegt werden, das zur Klärung der verworrenen Zeit-Fazies-Verhältnisse im Malm des Jura beitragen kann.

Problemstellung

Die untersuchten Sedimente umfassen in ihrem stratigraphisch unteren Teil Ablagerungen einer ausgedehnten Plattform (bisher unter «Rauracien» zusammengefasst) und deren Übergang in tiefermarine Sedimente, die unter der Bezeichnung «Argovien» bekannt sind. Die Plattform im Norden präsentiert sich mit Riffen, Seichtwasser- und Lagunensedimenten. Im Süden schliessen Beckensedimente an, in Form von schwammführenden Kalken und darüberliegenden mächtigen Mergelserien. Beide Formationen, «Argovien» und «Rauracien», werden von ausgedehnten Seichtwassersedimenten der «Sequanformation» überlagert.

Die fälschlicherweise immer wieder als Zeiteinheiten gebrauchten Formationen des mittleren Malm bilden ein Musterbeispiel für die Vermengung von chrono- und lithostratigraphischen Begriffen.

A. GRESSLY hat die Gesteinsserien des «Rauracien» und «Argovien» für zeitgleich gehalten und auf Grund ihrer lithologischen Verschiedenheit den Faziesbegriff definiert. Seither werden, von gewissen Einschränkungen abgesehen, die Plattform- und Riffsedimente des «Rauracien» als zeitgleiches Seichtwasser-Äquivalent des tiefermarinen, vor allem mergeligen «Argovien» betrachtet. Als Folge davon gilt auch das überlagernde «Sequanien» als chronologische Einheit.

Eine erste umfassende Darstellung der sehr komplexen Faziesverhältnisse im mittleren Malm haben wir P. ZIEGLER (1956) und M. ZIEGLER (1962) zu verdanken. Hier finden wir auch die erste Kritik an der Zeitgleichheit gewisser stratigraphischer Grenzen, vor allem der Trennung von «Rauracien» und «Sequanien». Diese beiden grundlegenden Arbeiten zeigen ein Wandern der Riff- und Plattformsedimente nach Süden. Die Korrelationen der verschiedenen Faziestypen ergeben dabei ein äusserst kompliziertes Muster mit vertikalen und lateralen Wechseln auf kürzeste Distanz.

Unter Berücksichtigung dieser Verhältnisse sind wir bei der vorliegenden Arbeit von folgenden Voraussetzungen ausgegangen: Bei so raschen Fazieswechseln, wie sie in Riffgebieten vorkommen, dürfen gleiche lithologische Einheiten nicht als zeitgleich betrachtet werden, solange dies nicht bewiesen ist. Verschiedene neuere Publikationen über Fazieskorrelationen in Seichtwasserablagerungen zeigen, dass unter diesen Verhältnissen Schichten gleicher Fazies normalerweise schräg zur Zeitachse laufen; synchroner Verlauf bildet die Ausnahme (A. B. SHAW 1964; M. L. IRWIN 1965).

Ebensowenig wie früheren Bearbeitern gelang es uns, eine genügend feine Zeitgliederung mittels Fossilien zu erhalten.

Zwar schliesst H. J. OERTLI (1959a) in seiner Arbeit über den Malm mittels Ostracoden auf eine Zeitgleichheit von «Rauracien» und «Argovien» wie alle früheren Bearbeiter des Problems. Eine kritische Durchsicht der Resultate zeigt aber, dass nur sehr unsichere Angaben für eine Parallelisierung von Effinger Schichten und «Rauracien» sprechen. Andererseits sind Widersprüche, auf die OERTLI selbst hinweist, mit dem im folgenden dargelegten Korrelationsversuch auf einfache Weise zu klären.

Makro- und Mikrofossilien sind im Untersuchungsgebiet ausnahmslos stark faziesabhängig oder Durchläufer. Sehr spärliche Ammonitenfunde (meist kaum bestimmbare *Perisphinctes*) im Riffgebiet und auf der Plattform ergeben wenig eindeutige Verbindungen mit der Ammonitengliederung im Bereich des offenen Meeres. Erschwerend kommt hinzu, dass die Lebensdauer einzelner Ammonitenarten, im Vergleich zur Sedimentationsgeschwindigkeit in Riffgebieten, zu gross ist, als dass sie für eine brauchbare Feingliederung in Frage kämen.

Ein von R. GYGI (R. GYGI et al. 1966) im «Sequanien» der Klus von Court gefundener *Perisphinctes* (*Orthosphinctes*) *tiziani* (Oppel) beschränkt zwar das maximale Alter der Schichten auf die *bimammatum*-Zone. Durch seine Lebensdauer bis ins Kimmeridgien ist er aber für eine Feingliederung, wie wir sie zur Lösung der Sedimentationsprobleme brauchen, nicht geeignet.

Was wir suchen, ist ein Parameter, der folgende Anforderungen erfüllt:

1. Faziesunabhängigkeit.
2. Regionale Ausdehnung über das ganze Untersuchungsgebiet.
3. Zeitliche Variationen, die eine Feinkorrelation ermöglichen.

In der vorliegenden Arbeit soll versucht werden, die Brauchbarkeit von terrigenen Quarz- und Feldspatschüttungen als Zeitmarken zu diskutieren. Die Anwendung dieser Methode führt im mittleren Malm zu neuen Zeitkorrelationen, die weitreichende Folgen für Stratigraphie und Paläogeographie in diesem Raum haben.

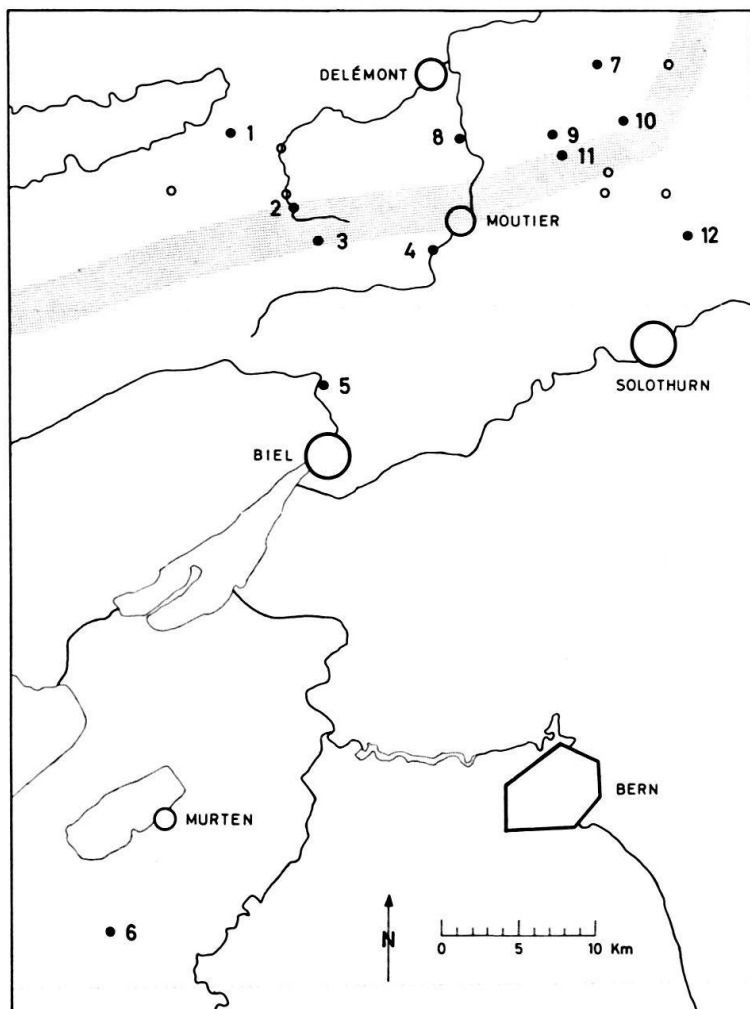


Fig. 1. Geographische Lage der untersuchten Profile, ● in Fig. 2 und 3 abgebildete Profile, ○ weitere untersuchte Profile. Punktiert dargestellt ist die Zone des Übergangs von der Carbonatplattform ins Becken während des mittleren Oxfordien (Grenzzone «Rauracien»-«Argovien»).

Koordinaten der Profile 1–12:

1 Foradrai	580 000/242 025	7 Fringeli	603 700/246 500
2 Pichoux	584 100/237 000	8 Vellerat	595 100/241 800
3 Le Noir Boz	585 500/235 350	9 Tiergarten	600 900/241 900
4 Klus Court	593 200/234 300	10 Mervelier	605 400/242 900
5 Reuchenette (Stollen und Steinbrüche der Zement- werke)	585 600/226 550	11 Raymontpierre	601 600/240 450
6 Bohrung Courtion 1	572 410/189 420	12 Günsberg	609 600/235 500

Arbeitsmethodik

Unsere Quarz-Feldspat-Diagramme beruhen auf einer Aufnahme von 19 Profilen mit einer durchschnittlichen Handstückdicke von 50–100 cm. Ausser Profil 6, Bohrung Courtion, dessen Stratigraphie bereits früher von H. FISCHER und H. LUTERBACHER (1963) bearbeitet worden ist, wurden alle Profile in natürlichen Aufschlüssen aufgemessen. Von den Profilen wurden nur diejenigen mit den besten Aufschlussverhältnissen in Fig. 2 und 3 abgebildet. Die nicht dargestellten Profile wurden jedoch ebenfalls bei der Rekonstruktion der Sedimentationsverhältnisse berücksichtigt.

Von 3 500 aufgesammelten Proben sind etwa 1 800 mit Hilfe von unlöslichen Rückständen oder mit Dünnschliffen untersucht worden. Gemessen wurde ihr Gehalt an Tonmineralien, FeS_2 , Verkieselungen, Glaukonit, Quarz und Feldspat. Die Messungen sind mit Ausnahme von Quarz und Feldspat semiquantitativ.

Quarz- und Feldspatmengen wurden folgendermassen ermittelt:

- in Kalken: durch Abschätzung in Dünnschliffen mit Hilfe von Vergleichsbildern nach der Methode SHVETSOV (R. D. TERRY and G. V. CHILINGAR 1955). Die Ungenauigkeit beträgt dabei 5–10 % der gemessenen Menge. Zur besseren visuellen Unterscheidung wurden die Schliffe auf Carbonate und Kalifeldspat gefärbt.

- bei Mergel- und Tonproben sowie in einer relativ grossen Zahl von Kalken (als Kontrollmessung zu den Dünnschliffschätzungen) mit Hilfe HCl-unlöslicher Rückstände. Die feinste Fraktion unter 15μ , vor allem Tonmineralien, wurde durch Schlämmen abgetrennt.

Da uns aus der Bohrung Courtion vor allem Spülproben und nur wenige Kerne zur Verfügung standen, stammen die dortigen Messresultate zum überwiegenden Teil aus Rückstandsbestimmungen. Die zur Verfügung stehenden Dünnschliffe bestätigen die anderen Messresultate.

Gemessen wurde die Quantität von Quarz und Feldspat sowie die Korngrösse (häufigste und maximale). Die erhaltenen Daten wurden auf die Profile aufgetragen und dazu eine über drei Messpunkte gemittelte Kurve gezeichnet.

Zur Interpretation der Kurve war es notwendig, die Textur im Hinblick auf den Auswaschungsgrad zu berücksichtigen. Primäre Auswaschung des Sediments erklärt, warum an gewissen Stellen keine oder nicht repräsentative Quarz-Feldspat-Mengen gefunden wurden. Selbst in ausgewaschenen Sedimenten finden sich aber oft geschützte Stellen, in denen terrigener Detritus gefangen wurde. Sie lassen vorsichtige Schätzungen über die Intensität der Detritusschüttung zu. In solchen Zonen ist die Kurve jeweils mit einem Fragezeichen versehen. Zur Beschreibung der Textur verwenden wir die Klassifikation von R. J. DUNHAM (1962); um unnötige Missverständnisse zu vermeiden, verzichten wir auf eine Verdeutschung der Ausdrücke.

Um die paläogeographischen Verhältnisse und die Sedimentationsbedingungen zu veranschaulichen, haben wir die Sedimente summarisch nach vier Hauptgruppen von Sedimentationsmilieus gegliedert. Diese Milieus werden durch Symbole in den Profilen wiedergegeben (siehe Legende Fig. 3).

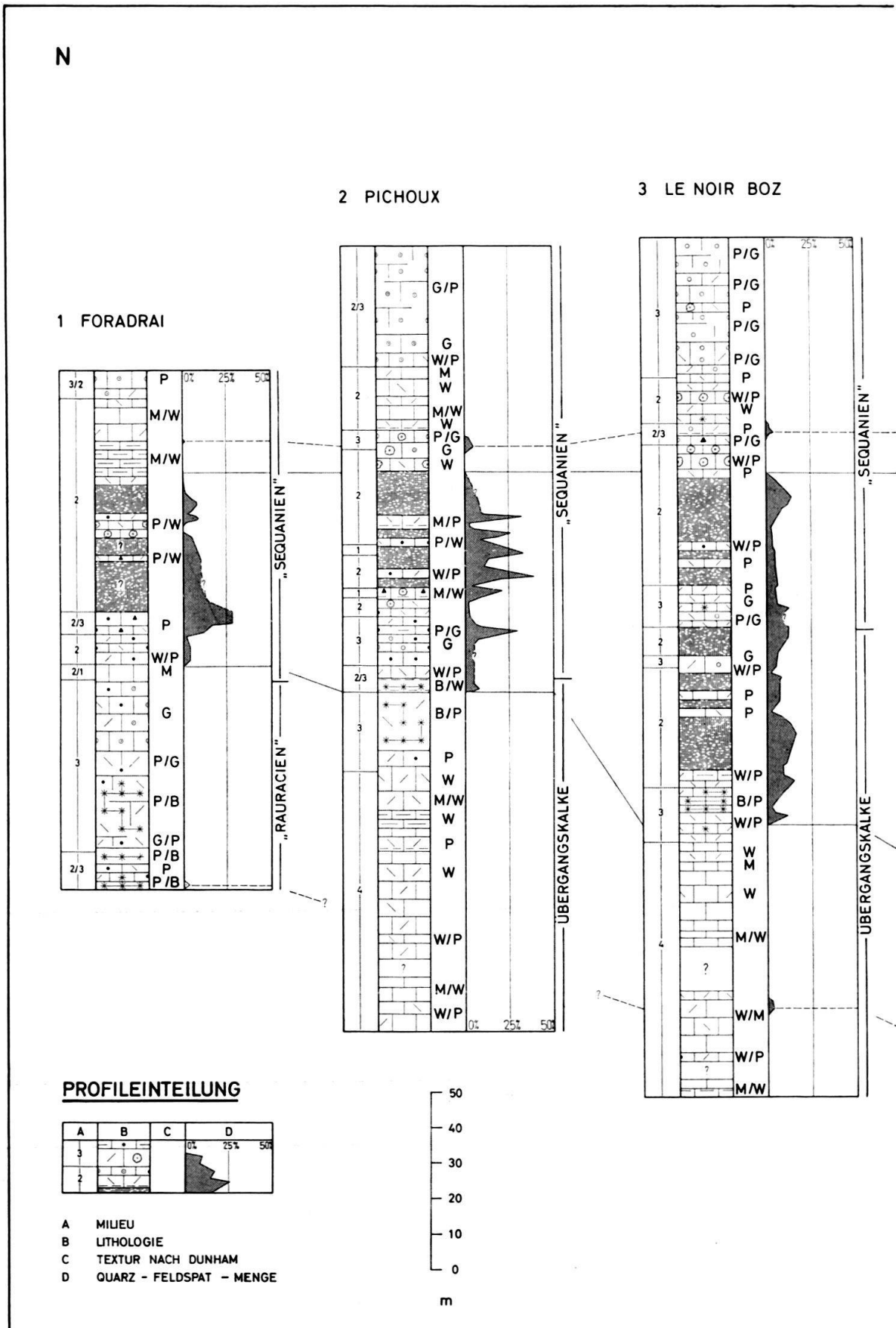
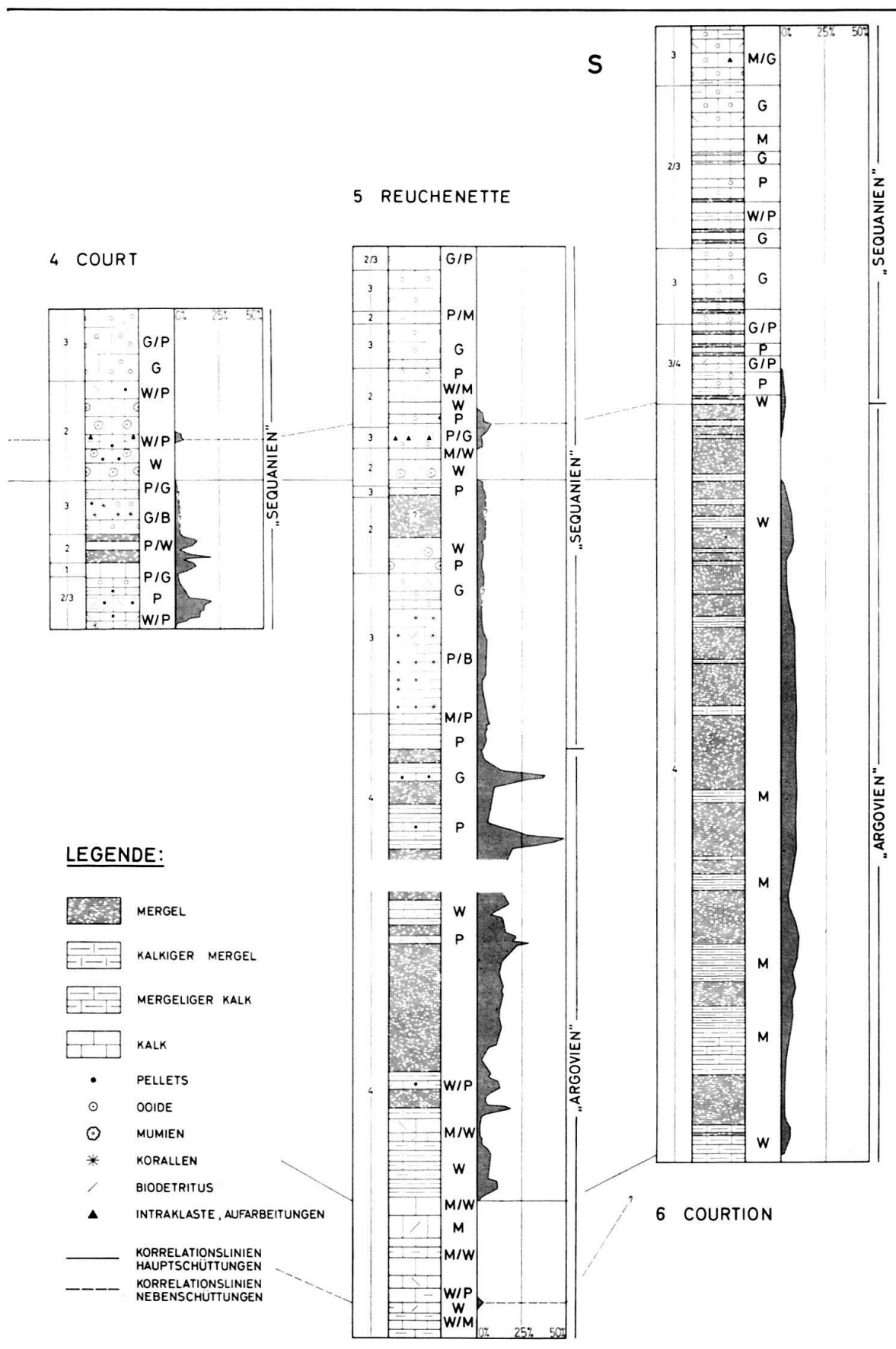


Fig. 2. Westliche Profilerie mit chronostratigraphischen Korrelationen. Erklärung von Milieu- und Textursymbolen siehe Fig. 3.



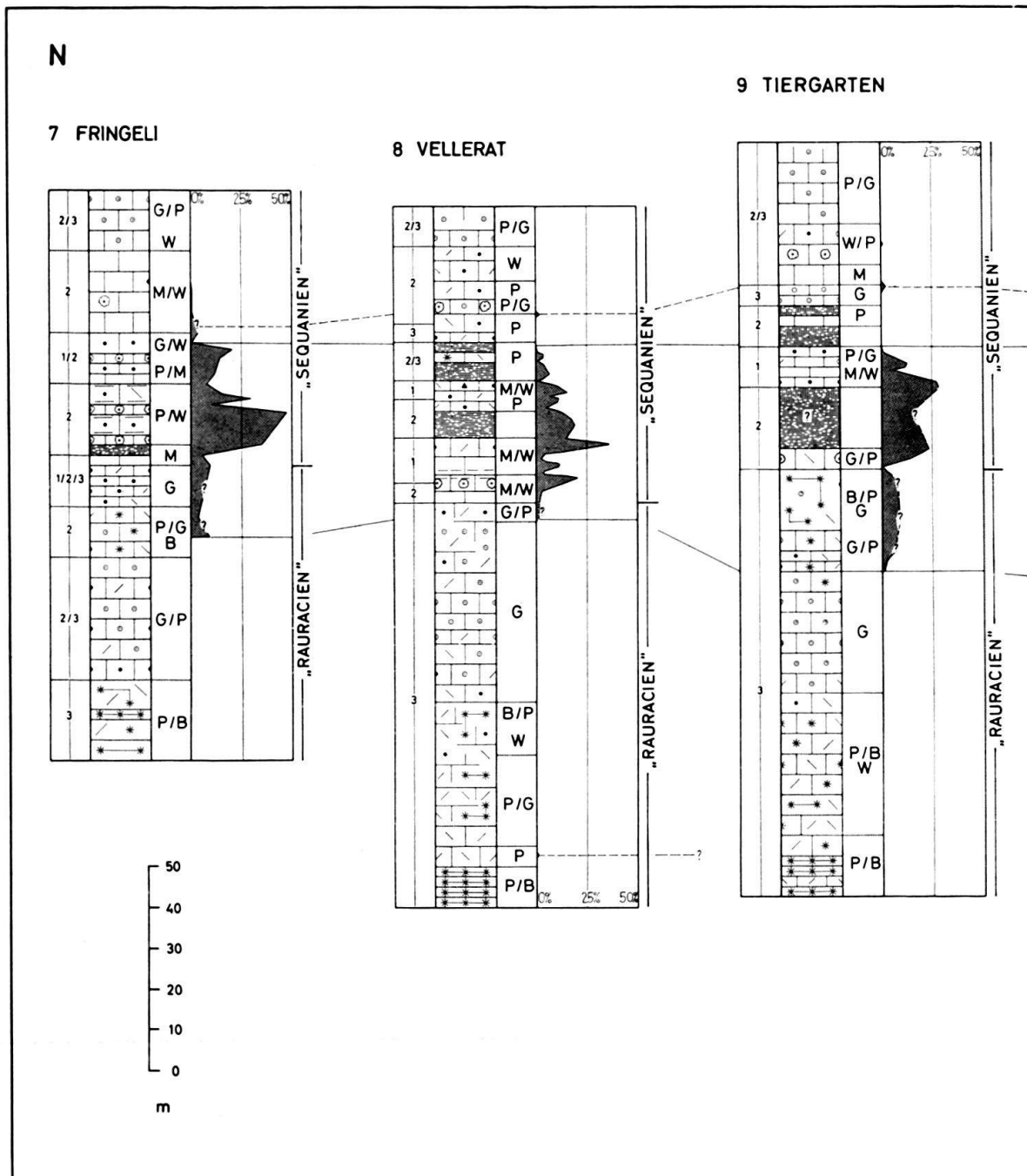


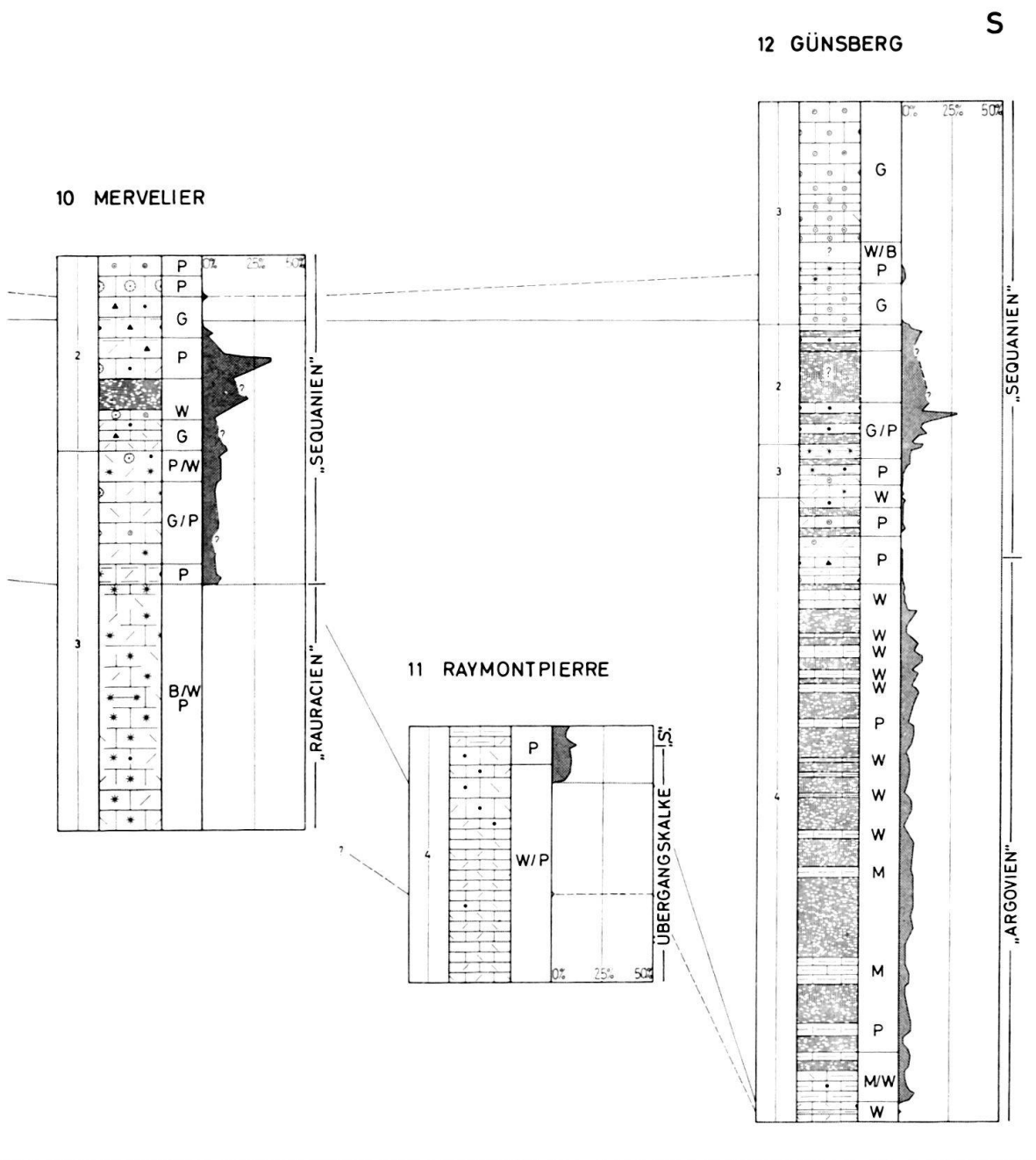
Fig. 3. Östliche Profilvereihe mit chronostratigraphischen Korrelationen. Die Profile der Fig. 2 und 3 umfassen die Zeit des oberen Mitteloxfordien und des Oberoxfordien. Legende siehe Fig. 2.

Textur nach Dunham

- M Mudstone
- W Wackestone
- P Packstone
- G Grainstone
- B Boundstone

Milieu

- 1 Gezeitenzone
- 2 Seichtwasser mit verminderter Turbulenz
(einschl. lagunär und brackisch)
- 3 Offen marin turbulent (Riffe, Oolithbänke)
- 4 Tiefer marin



Ergebnisse der Quarz- und Feldspatmessungen

In Fig. 2 und 3 sind die ausgewählten Profile in zwei Reihen angeordnet. Sie führen vom seichten Sedimentationsbereich im Nordwesten in ein – zumindest im unteren Profiltail – offenmeerisches Milieu im Südosten.

Beim Vergleich der Profilmächtigkeiten ist zu beachten, dass die Kolonnen gegen unten nicht immer vollständig sind, d. h. dass der Anschluss an die Oxfordtone oft nicht aufgeschlossen ist und deshalb in der Darstellung ausgelassen wurde. Am oberen Ende der Profile fehlt in einigen Fällen das Dach des Verena-Oolithes.

Terrigene Schüttungen wurden in allen Profilen festgestellt. Sie enthalten neben Quarz stets auch Feldspäte, die zum erstenmal in den Sedimenten unseres Untersuchungsgebietes nachgewiesen werden konnten. Es handelt sich dabei in erster Linie um Kalifeldspat. Plagioklase (vor allem Albit) treten nur spurenhafte auf. Das Verhältnis von Quarz zu Feldspat bewegt sich zwischen 10 und 3. Genauere Untersuchungen von evtl. gesetzmässigen Schwankungen dieses Verhältnisses sind noch nicht abgeschlossen.

Die Korngrössen von Quarz und Feldspat bewegen sich zwischen 10 und 150 μ mit zentraler Häufigkeit um 30–50 μ . Allgemein zeigt sich eine leichte Abnahme der Grössen von Norden nach Süden, während man innerhalb des terrigenen Schüttungsbereichs der einzelnen Profile eine Grössenzunahme von unten nach oben feststellen kann. Im folgenden werden jeweils die Gesamtmengen von Quarz und Feldspat berücksichtigt.

In allen Profilen können Beginn und Ende der Quarz-Feldspat-Schüttungen recht scharf begrenzt werden. Vor und nach einer Hauptschüttung sind in den meisten Profilen zwei episodische Schüttungen zu erkennen. Häufigkeitsmaxima in der Hauptschüttung lassen sich jedoch nur innerhalb der Plattformsedimente vergleichen; sie sind in den monotonen Beckenablagerungen nicht nachzuweisen. Die terrigenen klastischen Partikel treten jedoch in beinahe allen Gesteinstypen auf und sind von der Lithologie unabhängig. Eine Ausnahme bilden einzig Ablagerungen, die in einem Milieu hoher Wasserenergie sedimentiert wurden (Grainstones, z. T. Boundstones) und in denen auch Kalkpartikel gleicher Korngrösse (Silt- und Schlammfraktion) ausgewaschen wurden.

Bemerkenswert ist, dass die Quarz-Feldspat-Lieferung fast in allen Profilen etwas früher einsetzt als die Schüttung der Tonmineralien. Ebenso wird in einigen Profilen deutlich, dass die Tonschüttung länger anhält als die Zufuhr von Quarz und Feldspat.

Einzelne Untersuchungen der terrigenen Schwermineralien, die U. GASSER vom Geologischen Institut der Universität Bern freundlicherweise für uns ausführte, ergeben keine brauchbare Gliederung. Sie weisen auf eine monotone Verteilung stabiler Mineralien ohne vertikale Veränderung innerhalb der terrigenen Schüttungen.

Zusammenfassend: Die terrigenen Schüttungen haben regionalen Charakter. Selbst kleine Vorkommen von wenigen Prozenten des Gesamtgesteins können unabhängig von der Lithologie über die ganze Erstreckung des Untersuchungsgebietes – im Extremfall über 70 km – nachgewiesen werden.

Diskussion der Ergebnisse

Von den Eigenschaften, die wir in der Problemstellung von einem zeitbestimmenden Parameter gefordert haben, sind durch unsere Quarz-Feldspat-Schüttungen die folgenden Punkte erfüllt: 1. Faziesunabhängigkeit, 2. regionale Verbreitung, 3. in allen Profilen wieder auffindbare vertikale Variationen.

Es bleibt zu klären, ob gleichartige, wiedererkennbare Variationen (Fehlen oder Vorkommen der Schüttungen) auch als Zeitmarken betrachtet werden dürfen. Zur Lösung dieses Problems muss erst die Frage nach Herkunft und Transport beantwortet werden.

Herkunft des terrigenen Materials

Eine authigene Entstehung in messbaren Mengen ist sowohl für Quarz wie für Feldspat auszuschliessen. Idiomorphe Kristalle fehlen, und die Mineralien treten in allen Milieus auf.

Der Ursprung der betreffenden Mineralien ist also ausserhalb des Sedimentationsraumes zu suchen. Als Herkunft kommt daher einzig Verwitterung von kristallinen Gesteinen oder chemisch unreifen klastischen Sedimenten in Frage.

Die mittleren Korngrössen von 30–50 μ lassen die Möglichkeit eines Transportes über grosse Distanz offen. Einen Anhaltspunkt über die Richtung, in der wir das Festland zu suchen haben, erhalten wir aus der Korngrössenverteilung von Quarz und Feldspat.

Von Norden nach Süden ist in den Profilen eine zwar schwache, aber überall feststellbare Abnahme der Korngrössen zu beobachten. So messen wir im nördlichsten Profil (7, Fringeli) im Durchschnitt einen Medianwert um 50 μ , im südlichsten Profil (6, Bohrung Courtion) nur noch einen solchen von 30 μ . Parallel dazu verfolgen wir eine leichte Abnahme in der gesamten Intensität der Schüttung. Besonders deutlich wird dies bei einem Vergleich der Beckenprofile 5 und 6, wo bei ähnlicher Ausdehnung der Detritusschüttung eine deutliche Intensitätsabnahme gegen Süden festzustellen ist. Eine Abnahme des terrigenen Anteils in dieser Richtung wurde bereits von P. ZIEGLER (1956) vermutet.

Als nächstes nördliches, zur Zeit des mittleren Malm sicher aufgetauchtes Liefergebiet für Quarz und Feldspat kommen die kristallinen Gesteine des Rheinischen Gebirges (evtl. auch seine paläozoischen bis triadischen Sedimente) in Frage, wie dies aus den paläogeographischen Skizzen von M. DREYFUSS (1954) hervorgeht. Schwarzwald und Vogesen sind aus folgenden Gründen als Liefergebiet für die grossen Mengen von terrigenem Detritus auszuschliessen:

In dem erst im Tertiär abgesunkenen Rheintalgraben ist die ursprüngliche permisch-mesozoische Überdeckung von Schwarzwald und Vogesen vor der Erosion bewahrt geblieben. Bohrungen zeigen, dass der Malm, wo noch vorhanden, durchwegs marin ausgebildet ist, ohne Anzeichen von festländischer Verwitterung in unmittelbarer Nähe. (Vergleiche dazu die Ergebnisse der Bohrung Hirtzbach, L. VONDER-SCHMITT 1942, die Untersuchung der tertiären Konglomerate im Rheintal von P. KESSLER 1909 und die neuesten Angaben von N. THÉOBALD 1967).

Bei einer angenommenen terrigenen Lieferung aus dem Rheinischen Gebirge erhalten wir eine Transportdistanz von rund 300 km.

Transport

Bei genauer Betrachtung der grösseren Quarzkörner ($> 70 \mu$) zeigt sich, dass ihre Oberfläche fein genarbt ist, wie es A. CAILLEUX (1952) mit «rund matt» als typische Struktur für Windtransport beschrieben hat. Kleinere Körner zeigen keine Abrasion irgendwelcher Art.

Ziehen wir als Kriterium die durchschnittliche Korngrösse bei, so liegt diese im Bereich von 30–50 μ . W. TWENHOFEL (1926) gibt eine Tabelle mit Messwerten für einmaligen Transport bei mässig starkem Wind. Für Körner zwischen 31–62 μ entnehmen wir der Tabelle eine mögliche Transportdistanz von 320 km.

Der Verdacht auf äolischen Transport wird verstärkt durch das milieuunabhängige Auftreten der terrigenen Mineralien. So liefern häufig Sedimente, denen jede Spur von Wasserbewegung und damit auch jeder autochthone kalkige Detritus abgeht, grosse Quarz-Feldspat-Mengen (im Extrem 40–50 %). Der beträchtliche Anteil an Feldspat (bis ein Drittel des Quarzes) lässt bei ihrer Anfälligkeit gegen chemische Lösung einen ausschliesslichen Wassertransport als kaum wahrscheinlich erachten. Aus den genannten Gründen möchten wir annehmen, dass ein namhafter Teil der terrigenen Schüttung äolisch transportiert worden ist.

Bei Windtransport müssen wir erwarten, dass – geologisch gesehen gleichzeitig – eine bestimmte terrigene Schüttung im ganzen untersuchten Sedimentationsraum verteilt wird. Störeffekte können durch lokale Wasserströmungen entstehen, die ihrerseits das Sediment wieder weiterverteilen. Die komplexen topographischen Verhältnisse im Bereich von seichten Plattformen und Riffen bedingen so häufige örtliche und zeitliche Veränderungen der Wasserströmungen, dass innerhalb der Hauptschüttung kaum Korrelationen vorgenommen werden können. Demgegenüber lassen sich Schüttungen, die von der Hauptschüttung durch quarzfreie Intervalle getrennt sind, über das ganze Gebiet verfolgen. Lokale Auswaschung der Sedimente innerhalb der Hauptschüttung bedingt zwar Unterbrüche in der Verteilungskurve, hat aber auf ihren Gesamtverlauf keinen Einfluss.

Damit erhalten wir den gesuchten übergeordneten Parameter, der von aussen, gleichzeitig und im Endeffekt unabhängig von lokalen Verhältnissen, auf den Sedimentationsraum einwirkt: Das für geologische Zeitbegriffe sehr kurzfristige, scharf begrenzte Fehlen oder Vorhandensein von Quarz und Feldspat setzt zuverlässige Zeitmarken, die über weite Strecken festgestellt werden können.

Das Verteilungsmuster erfährt im Ablagerungsraum wichtige Umwandlungen: Je nach Sedimentationsgeschwindigkeit wird die Verteilungskurve gedehnt oder zusammengerückt. So ergibt sich in den Ablagerungsräumen des Beckens im Süden, wo im energiearmen Milieu eine kontinuierliche Anhäufung der terrigenen Sedimente erfolgte, eine Ausdehnung der Hauptschüttung über rund 200 m. Zu- und Abnahme der Intensitäten zeigen einen flachen Verlauf. Hier ist das ganze Verteilungsmuster erhalten geblieben. Auf der seichten Plattform im Norden gelangte zur selben Zeit nur wenig nichtklastisches Material zur Ablagerung. Wir erhalten folglich ein eng komprimiertes Bild mit ausgeprägten, grossen Schüttungsspitzen, die nicht so sehr mit der Schüttungsrichtung aus Norden erklärt werden können, sondern rasche horizontale und vertikale Wechsel der Sedimentations- und Resedimentationsbedingungen anzeigen. Der kontinuierlichen Beckenablagerung steht eine diskontinuierliche Sedimentation auf der Plattform gegenüber. Das dürfte der Grund sein, warum auch grosse Veränderungen nicht unbedingt in allen Profilen wiedergefunden werden.

Die Zusammenstellung der Detritusverteilungskurven zeigt, dass die daraus abgeleiteten neuen Zeitmarken schräg zur bisherigen «Zeitkorrelation» von Plattform- und Beckensedimenten laufen (Fig. 4). Darüber hinaus haften der bisherigen Korrelation einige Unstimmigkeiten an: Insbesondere vermag die Korrelation zwischen tonreichen Beckensedimenten und Plattformkarbonaten ohne terrigene Klastika nicht zu befriedigen.

Nach der alten Auffassung gelten die bis 220 m mächtigen mergeligen Effinger Schichten des Beckens als zeitgleiches Äquivalent der rund 100 m mächtigen Riff- und Hinterriffsedimente des «Rauracien». Hinter den Riffen, im Bereich der Plattformsedimentation, wo z. T. jede Spur von Turbulenz fehlt, wurden jedoch reine Kalke sedimentiert. Nach verschiedenen Messungen von V. PÜMPIN (1965) enthalten sie um 99% CaCO_3 . Ein vollständiger Abschluss dieses Milieus vom offenen Meer ist auszuschliessen: Brackische oder hypersaline Einflüsse fehlen vollkommen, hingegen gelangten gelegentlich Ammoniten durch den Riffgürtel in diese Region. Dabei wäre sehr erstaunlich, wenn die 10 km weiter südlich gesteinsbildenden Tonmineralien vollkommen ausgeschlossen bleiben sollten.

Auch die Übergangskalke von M. ZIEGLER (1962), die das Verbindungsglied zwischen Kalksedimentation der Plattform und Tonsedimentation im Becken darstellen sollen, ergeben zum grössten Teil CaCO_3 -Gehalte von mehr als 90%. (Hier fehlen ebenfalls Indizien für jegliche eventuelle Auswaschung der Tonmineralien).

Schlussfolgerungen

Wir haben festgestellt, dass die terrigenen Quarz-Feldspat-Schüttungen in unserem Untersuchungsgebiet brauchbare Zeitmarken liefern. Daraus ergibt sich für den mittleren Malm eine neue stratigraphische und damit auch paläogeographische Konzeption.

Stratigraphische Folgerungen

Die neu abgeleiteten zeitlichen Beziehungen der verschiedenen lithologischen Einheiten sind in Fig. 4 diagrammatisch dargestellt. An Stelle der bisher postulierten absoluten Gleichzeitigkeiten von «Rauracien» und «Argovien», welche von einem weitgehend synchronen «Sequanien» überlagert werden, lässt sich ein kompliziertes Muster verschiedener lithostratigraphischer Einheiten erkennen, die meist schräg zu den Zeitgrenzen verlaufen. Insbesondere entsprechen die bis 100 m mächtigen Riff- und Plattformkalke des «Rauracien» nicht dem gesamten «Argovien» (Birmenstorfer, Effinger und Geissberg Schichten), sondern nur den – im Extrem auf wenige Meter reduzierten – Birmenstorfer Schichten (Profil 6, Courtion: 2,30 m). Effinger und Geissberg Schichten des Beckens entsprechen ihrerseits chronologisch einer Serie, an der sich folgende lithologische Komplexe der Plattform beteiligen: stellenweise oberste Partien der Korallenkalk und Oolithe, Vorbourg Kalk, Naticaschichten, Hauptmumienbank, Humeralisschichten. Diese Schichten wurden bisher als «Unter- bis Mittelsequanien» bezeichnet. Gegen Süden werden sie eindeutig jünger, woraus sich ergibt, dass sich dem «Sequanien» keine chronologische Bedeutung zuordnen lässt.

Dagegen scheint es, dass der Verena Oolith (Obersequanien) vom Norden des Untersuchungsgebietes mindestens bis in den Raum des heutigen Jurarandes einigermaßen synchron abgelagert worden ist. In der Bohrung Courtion tritt er aber eindeutig erst wesentlich später auf. Auch er verhält sich also über grössere Distanzen heterochron.

Als im Bereich der Messgenauigkeit ungefähr synchron laufender Horizont darf die Basis von Liesberg Schichten und Birmenstorfer Schichten angesehen werden. Wo diese Schichten die Ammoniten führenden Oxfordtone überlagern, ist dies bereits durch die Biostratigraphie belegt.

Durch diese Ergebnisse drängt sich, noch mehr als bis jetzt, eine klare Trennung von litho- und chronostratigraphischen Begriffen im mittleren Malm auf: die Be-

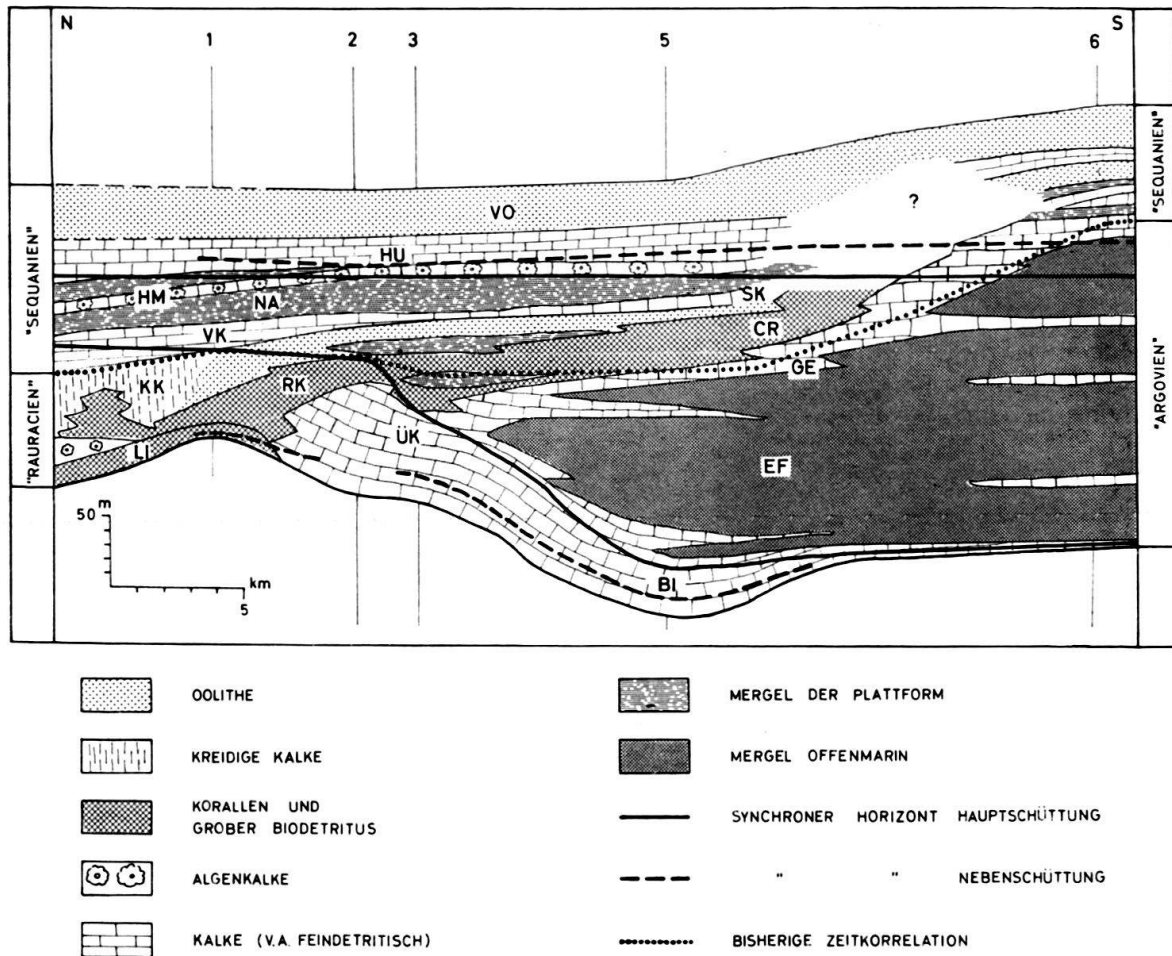


Fig. 4. Schematisches Profil durch den untersuchten Ablagerungsraum von der Carbonatplattform ins offenmarine Milieu des Beckens. Es vermittelt neben den Fazieszusammenhängen einen Vergleich zwischen der bisherigen und der von den Autoren vorgeschlagenen neuen Zeitkorrelation für das mittlere und das obere Oxfordien. Die Zahlen beziehen sich auf die Nummern der dargestellten Profile.

Der Abstand zwischen den Profilen 5 und 6 ist aus drucktechnischen Gründen zu kurz gezeichnet. Die Proportion wird aber durch die nicht in Rechnung gestellte Verkürzung im Juragebirge (Profil 1–5) gewahrt. (Gezeichnet unter Verwendung von Angaben aus Arbeiten von M. und P. ZIEGLER).

BI	Birmenstorfer Schichten	LI	Liesberg Schichten
CR	Crenularissschichten	NA	Naticaschichten
EF	Effinger Schichten	RK	«Rauracien»-Korallenkalke
GE	Geissberg Schichten	SK	Spatkalke
HM	Hauptmumienbank	ÜK	Übergangskalke
HU	Humeralissschichten	VK	Vorbouurg Kalke
KK	Kreidige Kalke von St. Ursanne	VO	Verena Oolith

zeichnungen «Rauracien», «Argovien», «Sequanien» sowie ihre Unterteilungen stellen lithostatigraphische Einheiten dar und dürfen nicht mehr in zeitlichem Sinn gebraucht werden.

Es stellt sich die Frage, ob und wie sich die neue Zeitkorrelation mit dem internationalen Stufenschema (J. H. CALLOMON 1964) vergleichen lässt.

Nach R. GYGI (1966) sind die Birnenstorfer Schichten in die obere *plicatilis*-Zone und damit ins mittlere Oxfordien zu stellen. Effinger, Geissberg Schichten und «Sequanien» gehören somit bereits ins obere Oxfordien.

Versuchsweise möchten wir die Formationen folgenden Zeiteinheiten zuordnen:
Mittleres Oxfordien: (ausser dem oberen Teil des Terrain à Chailles) Birnenstorfer Schichten im Becken,
«Rauracien» auf der Plattform.
Oberes Oxfordien: Effinger Schichten, Geissberg Schichten und überlagerndes «Sequanien» im Becken,
«Sequanien» auf der Plattform.

Paläogeographische Folgerungen

Die neuen Zeitkorrelationen bedingen auch eine neue Interpretation der Paläogeographie:

1. Während des mittleren Oxfordien folgt über den tiefermarinen Oxfordtonen eine Entwicklung bis 100 m mächtiger Plattformsedimente («Rauracien»), wogegen im Becken des untersuchten Gebietes im Extremfall nur 2, 3 m kalkiger Mudstones sedimentiert werden (Birnenstorfer Schichten). Die grosse Mächtigkeitsdifferenz deuten wir dahin, dass in einer Zeit fast gänzlich fehlender terrigener Schüttung auf der seichterem Plattform unter aktiver Teilnahme von Organismen grosse Sedimentmengen angehäuft werden. Für diese Entwicklung muss ständige Subsidenz angenommen werden. Gegen das Becken zu wird die Sedimentation fast ausschliesslich vom Kalkdetritus der Plattform gespeisen. Mit wachsender Entfernung vom Riffgebiet ergibt sich eine zunehmende Aushungerung der Ablagerungen.

Diese Aushungerung wird dadurch begünstigt, dass am unmittelbaren Beckenrand (Profil 5) möglicherweise eine vertiefte Rinne als Sedimentfänger auftritt. Ins eigentliche Becken (Profil 6) gelangt nur noch wenig sehr feines Material. Profil 12, Günsberg, scheint sich bereits südlich des Sedimentfängers zu befinden.

Im Becken treten stellenweise Schwämme auf, ohne dass aber biohermartige Strukturen entstehen. Schwammriffe, wie wir sie aus den Birnenstorfer Schichten weiter im Osten kennen, sind in unserem Untersuchungsgebiet nicht bekannt.

2. Mit der Wende vom mittleren zum oberen Oxfordien wandelt sich das Bild unter dem Einfluss der plötzlich eintretenden terrigenen Schüttung wesentlich. Durch die beträchtliche Zufuhr von allochthonem Material erreicht die Sedimentationsgeschwindigkeit einen Grad, der jenen der Subsidenz übersteigt. So wird allmählich der tiefere Raum vor der Plattform aufgefüllt. Auf der Plattform selbst ist Sedimentation nur im Rahmen der Subsidenz möglich. Wir erhalten dort sehr seichte Ablagerungen wie Algenrasen, Sedimente mit erhöhter Salinität (Dolomit) oder brackischem Einfluss (Characeen), im Extrem sogar Gezeitenablagerungen und Sedimentationslücken. Mit dem Einsetzen der Detritusschüttung ist eine Auflockerung der Korallenriffe zu beobachten.

Während der zunehmenden Auffüllung des Beckens verlagern sich die offenermarinen Sedimente des Plattformrandes (Korallenkalke und Oolithe) nach Süden, wie das schon in den Arbeiten von P. ZIEGLER (1956) und M. ZIEGLER (1962) dargelegt wurde. Die gleiche Verlagerung erfahren logischerweise etwas später die Sedimente

der inneren Plattform. Sie erreichen jedoch das südlichste Profil (6, Courtion) vermutlich erst im Kimmeridgien, also zu einem Zeitpunkt, der von unserer Untersuchung stratigraphisch nicht mehr erfasst wird.

Eine etwas erhöhte Subsidenz muss für die Zeit der Bildung des Verena Oolithes angenommen werden. Nur so lässt sich die mehr oder weniger gleichzeitige Bildung ähnlicher Sedimente über den ganzen Bereich der ehemaligen Mitteloxfordien-Plattform deuten.

Über die stratigraphische Korrelation hinaus ergibt die neue Interpretation ein einheitlicheres Bild der Wechselwirkung zwischen den verschiedenen sedimentären Prozessen. Die Ablagerung auf der Plattform wird weitgehend durch Subsidenz und schritthaltende Sedimentation von lokal produziertem Carbonatmaterial bestimmt. Im Becken wird die Sedimentationsgeschwindigkeit vor allem durch die Zufuhr von terrigenem Detritus kontrolliert.

Zeitlich lassen sich drei Phasen unterscheiden:

1. Mittleres Oxfordien: Ausschliesslich autochthone Carbonatsedimentation auf der Plattform («Rauracien»), stark reduzierte Sedimentation von Calcilutiten im Becken (Birmenstorfer Schichten).
2. Oberes Oxfordien (*unterer Teil*): Die Carbonatsedimentation auf der Plattform dauert an, wird jedoch durch terrigenes Material stark überprägt. Die terrigene Schüttung hat die Auffüllung des Beckens (Effinger und Geissberg Schichten) und ein Südwärtswandern der Plattform zur Folge.
3. Oberes Oxfordien (*oberer Teil*): Die Carbonatplattform erstreckt sich beinahe vollständig über das Untersuchungsgebiet. Erneut reine Carbonatsedimentation ohne terrigene Zufuhr.

Durch die vorliegenden Ergebnisse werden die früher von uns benützten Zeitkorrelationen innerhalb des mittleren Malm (GYGI et al. 1966) hinfällig. Ebenso sind die in einer späteren Publikation (BOLLIGER und BURRI 1967) aufgestellten paläogeographischen Bilder revisionsbedürftig.

Hinweis auf weitere Arbeiten und Probleme

Die Ergebnisse der Quarz-Feldspat-Messungen und ihre erste Interpretation sind zur Diskussion gestellt worden. Eine detailliertere Bearbeitung wird später publiziert. In ihr sollen vor allem die vielfältigen sedimentologischen Probleme behandelt werden.

Die bisher angewandten lithologischen Bezeichnungen wie Birmenstorfer Schichten, «Rauracien»-Kalke, Naticaschichten usw. sind ungenügend definiert und in vielen Fällen nicht klar gegeneinander abgrenzbar. Eine neue Definition der einzelnen Formationen drängt sich für die Zukunft auf. Es ist sehr zu hoffen, dass die zeitlichen Einteilungen, wie sie vom Luxemburger Kolloquium (1962) für den Malm vorgeschlagen wurden, auch bei den Jurageologen Gehör und Anwendung finden werden.

VERDANKUNGEN

Für die kritische Durchsicht des Manuskriptes und zahlreiche Anregungen danken wir den Herren Prof. H. P. LAUBSCHER und vor allem Dr. D. BERNOULLI. Dr. H. FISCHER stellte uns freundlicherweise die Proben der Bohrung Courtion für die Bearbeitung zur Verfügung. Verschiedenen jüngeren Studienkameraden sind wir für ihre Hilfe bei unseren Laborarbeiten zu Dank verpflichtet. Insbesondere wäre die vorliegende Arbeit nicht fristgerecht beendet worden ohne die tatkräftige Unterstützung von stud. phil. II T. ZIEGLER.

LITERATURVERZEICHNIS

- ARKELL W. J. (1956): *Jurassic Geology of the World*. London
- BOLLIGER W., BURRI P. (1967): *Die Korallenriffe zur Zeit des mittleren Malm*. Veröffentl. Nat.-hist. Museum Basel 6, 56–61.
- CAILLEUX A. (1952): *Morphoskopische Analyse der Geschiebe und Sandkörner und ihre Bedeutung für die Paläoklimatologie*. Geol. Rdsch. 40/1, 11–19.
- CALLOMON J. H. (1964): *Notes on the Callovian and Oxfordian Stages*. Coll. du Jurassique, Luxembourg 1962, C. r. Mém. 269–291.
- DREYFUSS M. (1954): *Le Jura dans les mers du Jurassique supérieur*. Mém. Soc. géol. Fr. 69, 1–62.
- DUNHAM R. J. (1962): *Classification of Carbonate Rocks according to Depositional Texture*. A.A.P.G.-Mem. 1, 108–120.
- FISCHER H., LUTERBACHER H. P. (1963): *Das Mesozoikum der Bohrungen Courtion 1 und Altishofen 1*. Beitr. geol. Karte Schweiz [NF] 115.
- GRESSLY A. (1841): *Observations géologiques sur le Jura Soleurois*. N. Denkschr. Schweiz. Ges. f. gesamte Natw. 2.
- GYGI R. (1966): *Über das zeitliche Verhältnis zwischen der transversarium-Zone in der Schweiz und der plicatilis-Zone in England (Unt. Malm, Jura)*. Eclogae geol. Helv. 59/2 935–942.
- GYGI R., BOLLIGER W., BURRI P. (1966): *Bericht über die Exkursion der Schweiz. Geol. Ges. in den Aargauer, Solothurner und Berner Jura*. Eclogae geol. Helv., 59/2, 967–976.
- IRWIN M. L. (1965): *General Theory of the Epeiric Clear Water Sedimentation*. Bull. A.A.P.G. 49/4, 445–459.
- KESSLER P. (1909): *Die tertiären Küstenkonglomerate in der Mittelhheinischen Tiefebene*. Mitt. geol. Landesanst. Els.-Loth. 7/2.
- LEXIQUE STRATIGRAPHIQUE INTERNATIONAL (1956): *Juragebirge und Rheintalgraben*, 1/7a.
- OERTLI H. J. (1959): *Malm-Ostracoden aus dem schweizerischen Juragebirge*. Denkschr. schweiz. naturf. Ges. 83/1.
- PÜMPIN V. (1965): *Riffsedimentologische Untersuchungen im Rauracien von St. Ursanne und Umgebung (Zentr. Schweizer Jura)*. Eclogae geol. Helv. 58/2.
- SHAW A. B. (1964): *Time in Stratigraphy*. Int. Ser. Earth Sci. McGraw-Hill, New-York.
- TERRY R. D., CHILLINGAR G. V. (1955): *Summary of «Concerning Some Additional Aids in Studying Sedimentary Formations» by M. S. Shvetsov*. J. Sed. Petrol. 25/3, 229–234.
- THÉOBALD N. (1967): *Les sondages profonds de la partie méridionale du fosse rhénan. Renseignements généraux sur l'évolution du fosse rhénan*. Ann. Sc. Univ. Besançon 3/3.
- TWENHOFEL W. (1926): *Treatise on Sedimentation*. Baltimore.
- VONDERSCHMITT L. (1942): *Die geologischen Ergebnisse der Bohrung von Hirtzbach bei Altkirch (Ober-Elsass)*. Eclogae geol. Helv. 35/1, 67–99.
- ZIEGLER M. (1962): *Beiträge zur Kenntnis des unteren Malm im zentralen Schweizer Jura*. Diss. Mitt. Geol. Inst. ETH Univ. Zürich [C] 82.
- ZIEGLER M., TRÜMPY R. (1964): *Sur les relations lithostratigraphiques entre le Rauracien-type et l'Argovien-type*. Coll. du Jurassique, Luxembourg 1962, C. r. Mém. 293–300.
- ZIEGLER P. (1956): *Zur Stratigraphie des Sequanien im zentralen Schweizer Jura*. Beitr. geol. Karte Schweiz [NF] 102, 37–101.

Manuskript eingegangen am 15. Juni 1967.

