Die Paläogeographie des schwäbischen Jurabeckens

Autor(en): **Aldinger, Hermann**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Eclogae Geologicae Helvetiae**

Band (Jahr): **61 (1968)**

Heft 1

PDF erstellt am: **23.04.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-163588

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.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Eclogae geol. Helv.	Vol. 61/1	Seiten 167–182	10 Textfiguren	Basel, Juli 1968

Die Palaeogeographie des schwäbischen Jurabeckens

von HERMANN ALDINGER

mit 10 Textfiguren

ZUSAMMENFASSUNG

Das schwäbische Lias- und Doggermeer war Teil eines inselreichen Nebenmeeres. Es wies in seinem zentralen Teil zeitweilig eine Tiefe von weniger als 40 m auf und dürfte maximal kaum mehr als 100 m Tiefe erreicht haben. Infolge der Form des Beckens und aus klimatischen Gründen änderten sich der Wasseraustausch mit anderen Teilbecken und die Strömungsverhältnisse mehrmals. Bituminöse Ablagerungen mit einer charakteristischen Fossilgesellschaft, die auf Stagnation schliessen lässt, entstehen im Sinemurium und unteren Toarcium. Sandsteinfolgen, die aus kulissenartig versetzten und in N oder NE Richtung gestreckten Sand- oder Eisenoolithkörpern bestehen, lassen auf lebhafte Strömungen im Hettangium und oberen Aalenium schliessen. Die Verteilung der kalkschaligen Brachiopoden sowie des Karbonat- und Glaukonitgehalts deutet auf wechselnde Salinität des Meereswassers.

Der schwäbische Malm ist gekennzeichnet durch ausgedehnte Riffbildung, die ihr Maximum in der pseudomutabilis-Zone erreicht. Während die Algenschwammriffe des älteren Malm im wesentlichen noch unterhalb der Wellenbasis entstanden, verflacht sich im Malm zeta das Meer. Die Riffe werden nun von der Brandung bearbeitet. Breccienbildung und Sedimentgleitung sind weit verbreitete Erscheinungen und in teilweise abgeschnürten lagunenartigen Senken zwischen den Riffen entstehen feinschichtige Kalkschiefer (Nusplingen) mit einer Fossilgesellschaft des gleichen ökologischen Gepräges wie in den bituminösen Schiefern des Lias.

Das schwäbische Lias-Becken wird zu Beginn der planorbis-Zone überflutet, die aus Norddeutschland und England bekannten praeplanorbis-Schichten fehlen in Süddeutschland. Die Überflutung kam von Norden, einzelne Stadien der Transgression lassen sich in Ostwürttemberg erkennen (HÖLDER 1964). Das Becken erweiterte sich im Lauf des Lias nach Osten und Süden, so dass Land und Meer im Mittellias etwa die Verteilung aufweisen, die Fig. 1 zeigt.

In einem inselreichen Schelfmeer bilden das Gebiet der Nordostschweiz sowie Teile von Südwestdeutschland bis nach Franken ein Teilbecken, das von der planorbis-Zone an über die hessische Strasse mit dem nordwestdeutschen Teilbecken in Verbindung stand, ausserdem über Lothringen eine breite Verbindung zum Pariser Becken und über die Westschweiz zum Rhonebecken besass.

Adresse des Autors: Geol.-Pal. Institut der Universität Stuttgart, Böblingerstrasse 72, Stuttgart.
Der Vortrag stützt sich auf Ergebnisse von Untersuchungen, die von der Deutschen Forschungsgemeinschaft finanziert wurden.

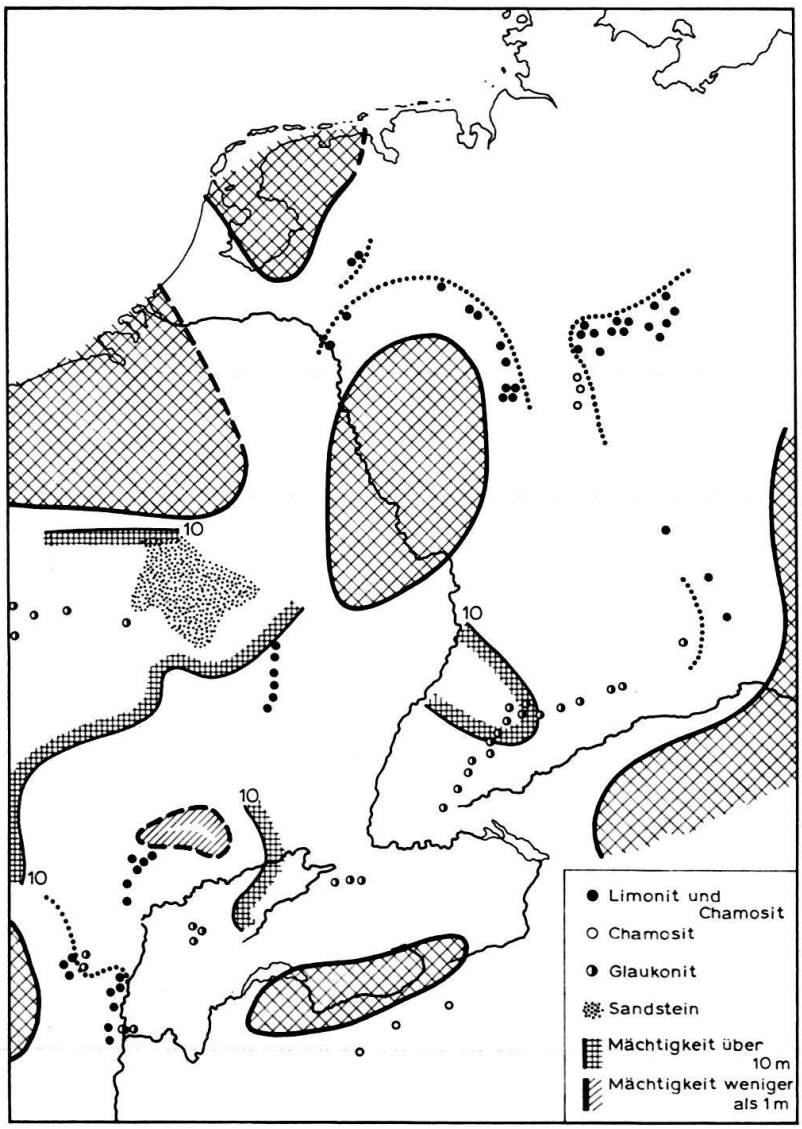

Fig. 1. Vermutete Verteilung von Land und Meer und wichtiger Eisenmineralien im Lias gamma (Unteres Pliensbachium) (nach BRAND und HOFFMANN, HOFFMANN, HORON, KÖLBEL, LEMCKE in BÜCHI u. a., MAUBEUGE, MOUTERDE, TRÜMPY)

Im Osten wird dieses Teilbecken von der zum grossen Ostkontinent gehörigen böhmisch-hercynischen Landmasse begrenzt. Eine Halbinsel dieses Landes, die durch Bohrungen nachgewiesene Vindelizische Schwelle (ROLL 1952), reicht nach Südwesten bis in die Gegend westlich von Augsburg. Zu Beginn des Jura stand diese Schwelle vielleicht zeitweilig über eine Landbrücke in Verbindung mit einer Insel im Raum des Aarmassivs (Fig. 7), dem Alemannischen Land (TRÜMPY 1949, 1959). Im Mitteltoarcium tauchen auch die letzten Reste dieser Landbrücke endgültig unter und das schwäbische Becken tritt in offene Verbindung mit dem helvetischen Ablagerungsraum.

Die erste Frage die sich der Geologe, bei der Untersuchung vorzeitlicher Meeresbecken zu stellen pflegt, ist die nach den Tiefenverhältnissen, obwohl weder die Litho- noch die Biofazies unmittelbar von der Wassertiefe beeinflusst werden. Leider gibt es kaum Indizien für die absolute Tiefe des Liasbeckens. Immerhin lässt die Verbreitung

der Bohralgen im Hettangium und Sinemurium vermuten, dass in dieser Zeit die Wassertiefe im Stuttgarter Raum nicht mehr als 40 m betragen haben dürfte. Ausserdem wurde an mehreren Stellen in Württemberg im oberen Lias epsilon ein Algenkalk gefunden, der beweist, dass zur Zeit des Toarcium das Meer im zentralen Teil des schwäbischen Beckens wahrscheinlich weniger als 100 m tief war. Die Entfernung der Fundpunkte der Algenkalke von der Küste im Osten beträgt rund 110 km, der Meeresboden hatte demnach nur ein mittleres Gefälle von höchstens 0,1 m auf 100 m. Über das Klima oder genauer gesagt die Wassertemperatur im Schwäbischen Becken geben die Isotopenbestimmungen an Belemnitenrostren Hinweise (BOWEN und FRITZ in FRITZ 1965), die jedoch mit Vorbehalt aufgenommen werden müssen. Danach ist im Lias und Dogger mit Wassertemperaturen von 13,2–29,5°, im Mittel 21,4°, also subtropischen bis tropischen Verhältnissen zu rechnen. Zu Beginn des Lias bezeugen salinare Ablagerungen in SW-Frankreich für dieses Gebiet zwar noch arides Klimagepräge. Die Floren im Lias und Dogger Deutschlands lassen jedoch auf ein niederschlagreiches Klima schliessen. Insgesamt kann der Ablagerungsraum des schwäbischen Lias und Dogger als ein Becken charakterisiert werden, das seicht war, ebenen Untergrund hatte und über ebenfalls seichte Verbindungswege und andere Teilbecken, also nur mittelbar, mit dem offenen Meer in Verbindung stand. Es lag in relativ warmem, niederschlagsreichem Klima und bekam Süsswasserzuflüsse vom Ostkontinent, durch die zeitweilig die Salinität des Meereswassers im ganzen Becken oder in Teilen erniedrigt wurde.

Diese geographische Situation erklärt eine Reihe von Eigenheiten des älteren Jura in Süddeutschland, unter anderem die Tatsache, dass es mehrfach zu Störungen des Wasseraustausches und infolgedessen zur Ablagerung von bituminösen Gesteinen kam. Bituminöse Schichten finden sich in den Arietenschichten, im Lias epsilon und im unteren Lias zeta. Bezeichnend für die bituminösen Schiefer des Lias, wie für die Schieferkalke des Oberjura ist, dass sie eine Fossilgesellschaft enthalten, die aus verschiedenen Biotopen (Meer, Land, Luft) stammt, während autochthones Benthos fast völlig fehlt.

Die Gesteinsbeschaffenheit der bituminösen Schiefer sowie die Erhaltungsweise und regionale Verteilung der Fossilien, vor allem aber die Tatsache, dass so typische und für die Fossilisation geeignete Formen bituminöser Schiefer wie Insekten, Fische, Reptilien und Landpflanzen in nichtbituminösen Schichten des Lias ausgesprochen selten sind, in der Regel sogar völlig fehlen, zwingt dazu, für die bituminösen Schichten Ablagerung unter stagnierenden Bedingungen anzunehmen. Während der Bildung der bituminösen Schiefer wies das Meereswasser im Schwäbischen Becken ausgeprägte Schichtung auf. Eine Sprungschicht (Halokline) trennte weniger salziges Oberflächenwasser von stärker salzhaltigem Tiefenwasser. Das Oberflächenwasser war durch Wind und Temperaturunterschiede in lebhafter Bewegung, das Tiefenwasser dagegen wurde in ungenügendem Mass ausgetauscht und reicherte sich wiederholt mit Schwefelwasserstoff an, der jedes Leben höherer Tiere am Boden unmöglich machte. Die Grenze zwischen Oberflächen- und Tiefenwasser, die Sprungschicht, ist wie man von der Ostsee weiss, in Richtung auf den Süsswasserzustrom, im Liasmeer daher nach Osten geneigt, ausserdem ändert sie ihre Tiefenlage und Neigung mit dem Klima. Aus diesem Grund ist die Grenze der Verbreitung bituminöser und nicht bituminöser Schichten nicht scharf, mit jeder Änderung der Lage der Halokline verschiebt

sich auch die Zone in der sie an den Meeresboden stösst. Bei der schwachen Neigung des Meeresbodens im Lias bedeutete schon eine geringe Lageänderung der Sprungschicht eine Verschiebung dieser Zone am Meeresboden um viele Kilometer.

Nun hat das zu Beginn der Perioden mit lebhafter Zirkulation einströmende Wasser normalen Salzgehalt, es fliesst also in der Tiefe des Zufuhrkanals ein und da auch das stagnierende Wasser im Becken höhere Dichte als das Oberflächenwasser aufweist, nimmt es die tiefsten Teile des Beckens ein. Die Verbreitung der bituminösen, benthosfreien Schiefer zeigt daher gleichzeitig die Umgrenzung der tiefsten Teile des Beckens (Fig. 2). Oberhalb der Zone an der die Halokline an den Meeresboden grenzt,

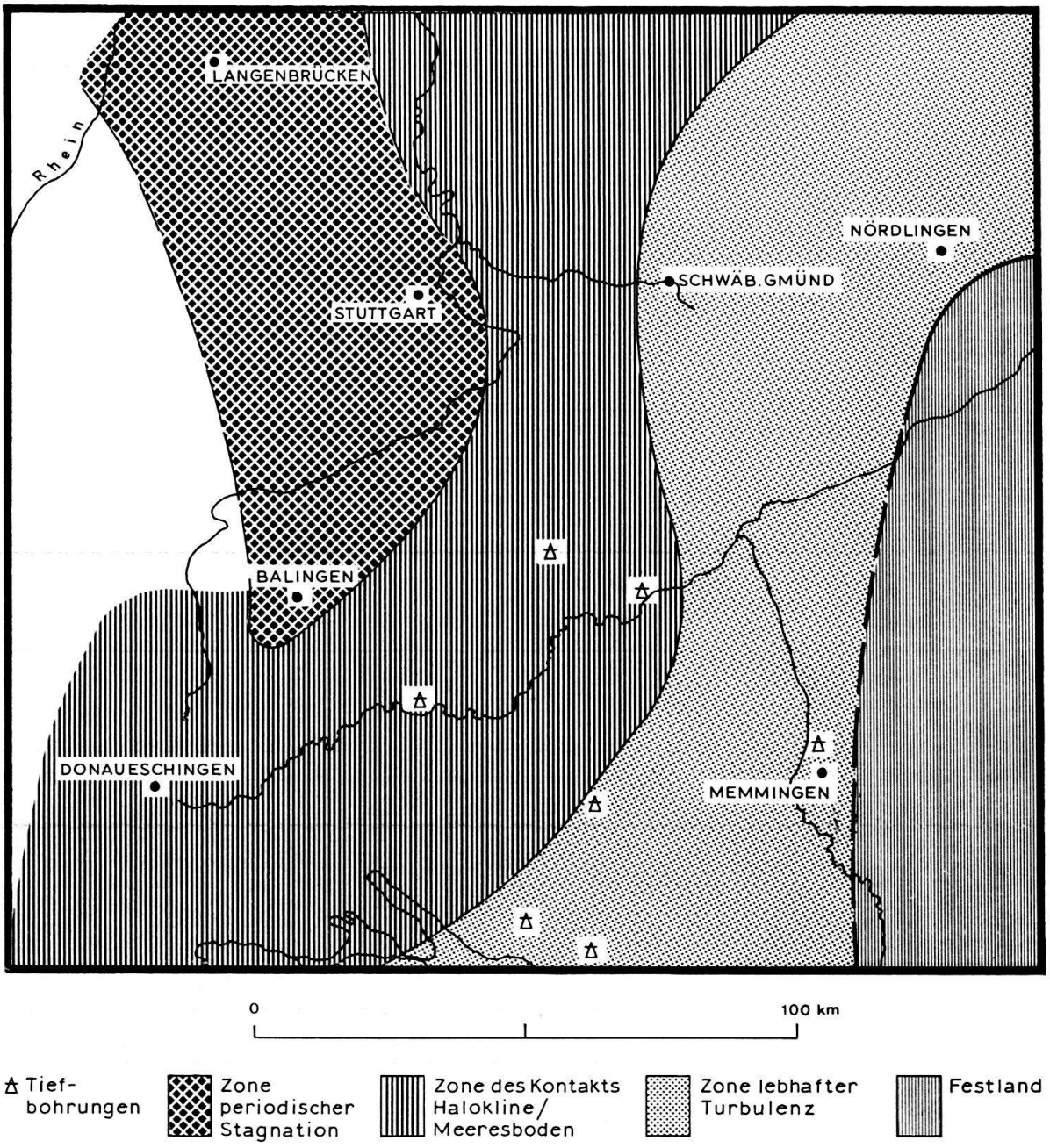

Fig. 2. Faziezonen im Sinemurium Baden-Württembergs.

wird entweder infolge der starken Turbulenz kein Sediment abgelagert oder es entstehen gering mächtige Ablagerungen bewegten sauerstoffreichen Wassers mit Resten von Bodentieren. Die bituminösen Schiefer der Arietenschichten gehen deshalb vom Becken gegen die Küste in Schalengrus, Gryphaeenlagen und Sandschichten über (Fig. 3).

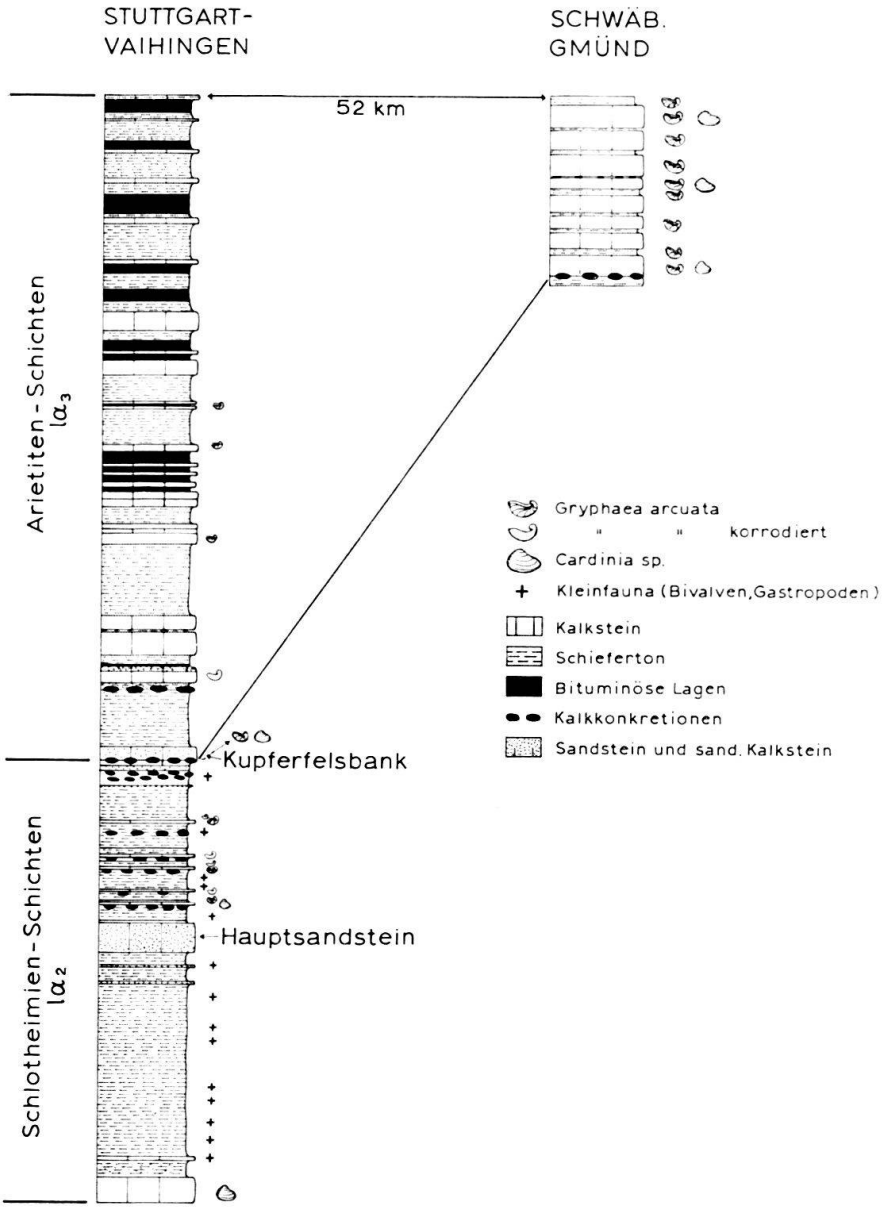

Fig. 3. Profil der Arietenschichten bei Stuttgart und Schwäbisch Gmünd (Ostwürttemberg) z. T. nach RIEK, WIEDEMANN, SEILER und VILLINGER).

Der Zustand der Stagnation dauerte in den Arietenschichten und in der tenuicostatum-Zone des Lias epsilon nur kurze Episoden und wurde immer wieder durch normale Zirkulation abgelöst. Ein solcher wiederholter Wechsel von Stagnation und Vollzirkulation ist im Sinemurium nicht nur in den küstenferneren Teilen des schwäbischen Beckens sondern auch in Lothringen und Südengland zu beobachten und hat in diesen Gebieten zur Entstehung der Blue-Lias-Fazies geführt.

Im Sinemurium zeigt das schwäbische Becken auf Grund der geschilderten Verhältnisse eine Gliederung in drei Fazieszonen (Fig. 2): ein innerer tiefster Beckenteil stagnierte periodisch, in einer zweiten Zone wanderte die Sprungschicht hin und her. Die Ablagerungen dieser Zone weisen ebenfalls noch erhöhten Bitumengehalt sowie eine arme Benthosfauna und in weiter Verbreitung Phosphorite auf. In der äusseren Zone schliesslich ist das Wasser ständig in lebhafter Bewegung und es werden Schalenkalke und Sandhorizonte abgelagert.

Die Korngrösse dieser Sandlagen wie überhaupt des Sediments nimmt von der ehemaligen Küste gegen das Beckeninnere ab. Die Wasserbewegung, und damit der Energiespiegel war also in der Uferzone am höchsten und sank gegen das Beckeninnere ab. Parallel mit diesem Absinken des Energiespiegels ändert sich auch die Zusammensetzung der Fossilgesellschaften und die Fossilgrösse. Die Gebiete höchster Energie sind durch das Massenauftreten grosser dickschaliger Cardinien, bestimmter Gastropodenarten und von Bohralgen gekennzeichnet, während in den Tonen und Mergeln des Beckeninneren eine kleinwüchsige Fauna von Nuculiden, Modiolus-Arten und Gastropoden gefunden wird.

Ein ähnlicher episodischer Wechsel zwischen Stagnation und Vollzirkulation wie in den Arietenschichten ist auch im unteren Lias Epsilon (tenuicostatum-Zone Fig.4) zu beobachten (HOFFMANN und MARTIN 1960, EINSELE in EINSELE und SEIBOLD 1961, WIEDEMANN 1966, SEILER und VILLINGER 1966). In diesen Schichten finden sich Hinweise darauf, woher das normale Meereswasser in Zeiten mit lebhaftem Austausch in

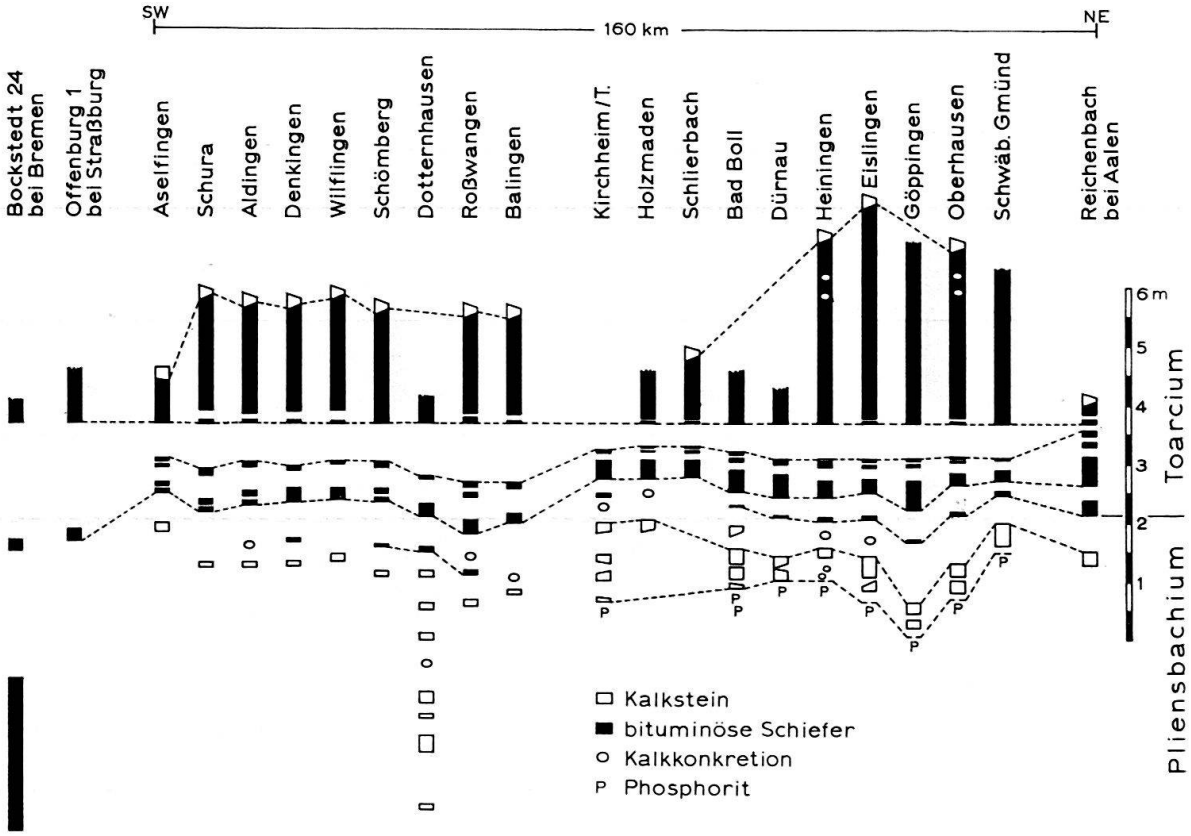

Fig. 4. Profilvergleich der Grenzschichten Oberes Pliensbachium/Toarcium. Z. T. nach EINSELE, WIEDEMANN, SEILER und VILLINGER. Die Wechselfolge bituminöser und nicht bituminöser Schichten im untersten Toarcium entspricht etwa der tenuicostatum-Zone.

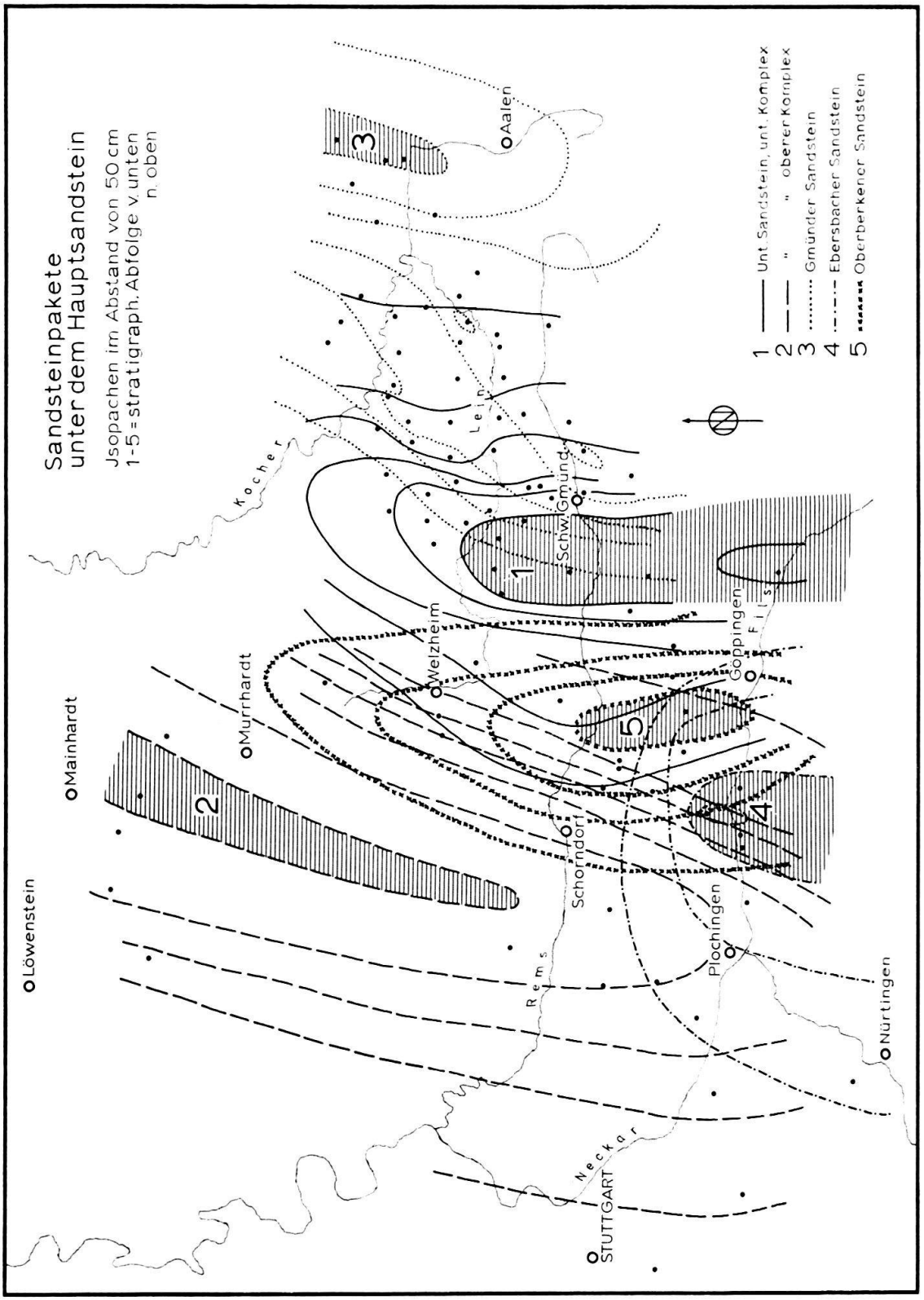

Fig. 5. Mächtigkeit der Sandsteinhorizonte unter dem Hauptsandstein im Hettangium Ostwürttembergs. Die Zonen grösster Mächtigkeit sind horizontal schraffiert. (nach Bloos).

das schwäbische Becken einströmte. Durch die hessische Strasse dürfte der Zustrom nicht gekommen sein, denn sowohl an ihrem Nordende wie am Südausgang besteht die tenuicostatum-Zone aus bituminösen Schiefern. In Lothringen dagegen ist die tenuicostatum-Zone nicht bituminös (MAUBEUGE 1955), ausserdem führt diese Zone in Süddeutschland Ostracoden-Arten, die man bisher nur aus dem Pariser Becken, nicht aber aus Norddeutschland kennt (MARTIN in HOFFMANN und MARTIN 1960).

Die Ablagerung bituminöser Schiefer unter stagnierenden Bedingungen stellt einen Sonderfall der Sedimentation dar, der voran gestellt wurde, weil der Verlauf der Strömungen während der Stagnationsperioden verhältnismässig einfachen Regeln folgt. Aus der Tatsache, dass sowohl im schwäbischen Hettangium wie im unteren Dogger (Obere opalinum-Zone bis sauzei-Zone) Sandsteine auch in küstenfernen Gebieten verbreitet sind, geht jedoch hervor, dass zeitweilig in grossen Teilen des schwäbischen Beckens kräftige Strömungen herrschten. Am Beispiel des untersten Lias sollen die Verhältnisse während einer solchen Periode mit lebhafter Turbulenz geschildert werden.

Im Hettangium werden im östlichen Teil des schwäbischen Beckens Sandsteine abgelagert, die sowohl nach Osten, gegen das Vindelizische Land, wie nach Westen auskeilen. Fig. 5 zeigt die Mächtigkeiten von 5 derartigen im Profil übereinander folgenden Sandsteinhorizonten in Ostwürttemberg (BLOOS 1968). Die Sandsteine sind feinkörnig, sehr gut sortiert und arm an Schwermineralien. Die Zone der Verbreitung dieser Sandsteine hat senkrecht zur Küste gemessen eine Ausdehnung bis zu 100 km. Auf Grund ihrer Mächtigkeit erweisen sich die Sandsteinhorizonte als flache in NS-Richtung gestreckte Sandkörper. Ein Vergleich der Sandsteinkörper untereinander ergibt, dass sie nach einem gemeinsamen Schema gebaut sind (Fig. 6). Nach Osten gehen sie in sandige Tone über, die eine an Gezeitenschichtung erinnernde Flaserschichtung aufweisen. In die sandigen Tone sind schmale Sandzungen prielartig eingetieft. Im Gebiet der grössten Mächtigkeit zeichnen sich die Sandsteine durch lebhafte Schrägschichtung und Einlagerungen von Schalenpflastern aus Cardinien und Gastropoden aus. Mit abnehmender Mächtigkeit nach Westen geht die Schrägschichtung verloren, sie ist hier durch wühlende Tiere zerstört worden.

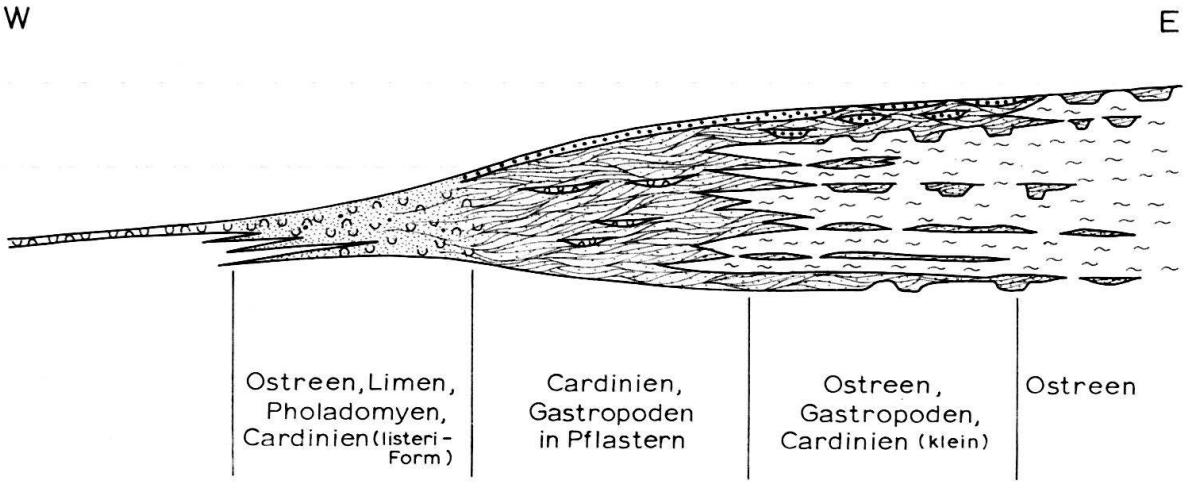

Fig. 6. Schematisches W-E-Profil eines Sandsteinhorizontes im Hettangium Ostwürttembergs (nach BLOOS).

Für die Geographie des Liasmeeres zur Zeit der Sandsteinablagerungen im Hettangium erhalten wir daher das Bild einer bis zu 50 km breiten küstennahen Zone mit Gezeitenschichtung und Prielbildung, eine Art Watt, das zeitweilig vielleicht sogar trocken fiel. Gegen das offene Wasser folgt eine Zone mit wanderndem Sand und grobem Schalenmaterial in Pflastern, beckenwärts schliesst sich ein Gebiet mit langsamer Sedimentation an, in dem grabende Muscheln und Rhizocorallien das ursprüngliche Sedimentgefüge völlig zerstörten. Die relativ gröbsten Sedimente kommen im Gebiet der wandernden Sande zur Ablagerung. Sowohl küstenwärts, wie beckenwärts nimmt der mittlere Durchmesser und Sortierungsgrad der Sedimente ab. Nun ist das Gebiet mit dem gröbsten Sediment gleichzeitig auch durch Massenvorkommen von Cardinien und Gastropoden gekennzeichnet. Die Faziesverteilung in den Psiloceraten- und Schlotheimien-Schichten unterscheidet sich daher grundsätzlich von den Verhältnissen zur Arietenzeit. Während im Sinemur die Milieuenergie von der Küste zum Beckeninnern entweder gleichmässig oder – während der Stagnationsperioden – sprunghaft abnahm, wie in der heutigen Ostsee, ist in der Psiloceraten- und Schlotheimienzeit das Gebiet mit höchstem Energiespiegel zeitweilig durch einen breiten Gürtel mit kurzperiodisch wechselnder Energie, eine Art Watt, von der Küste getrennt, ähnlich wie in der heutigen Nordsee. Im Westen enden die Sandsteinhorizonte an einer N–S verlaufenden Grenze, die von Schleswig-Holstein bis Südwürttemberg verfolgt werden kann (Fig. 7). Vielleicht handelt es sich dabei um durch Strömungen begradigte Deltafronten.

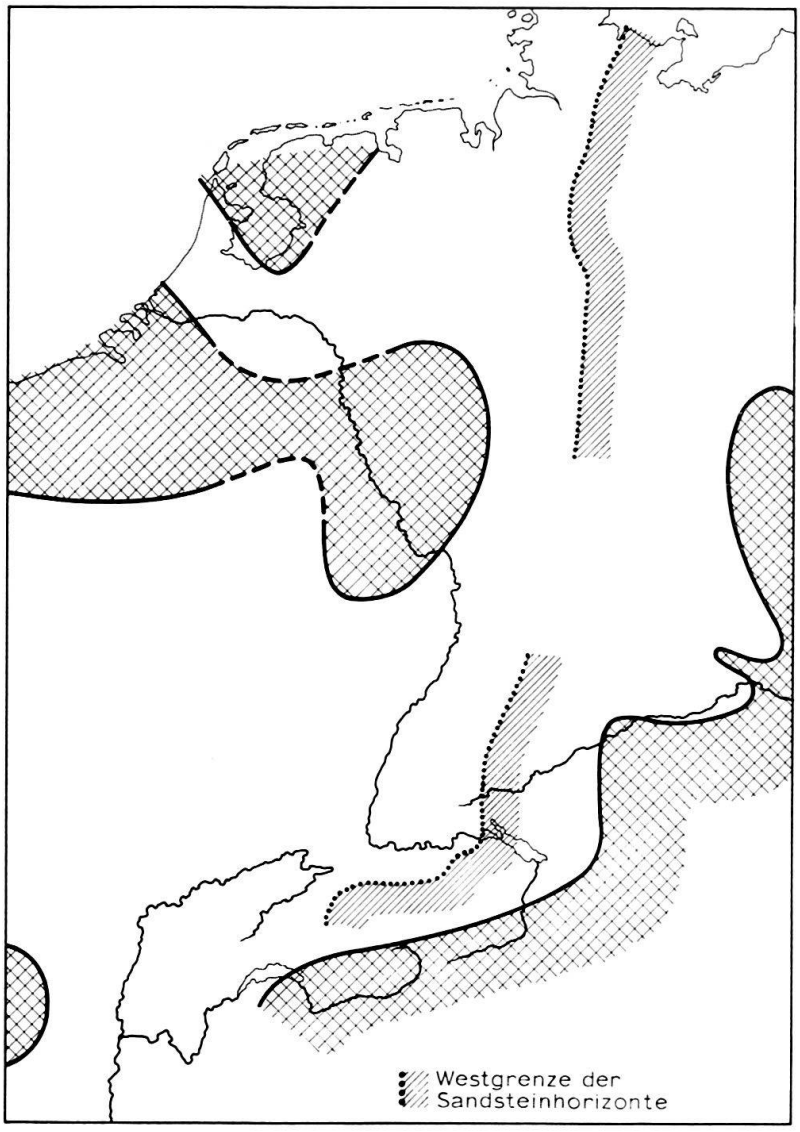

Fig. 7. Vermutliche Verteilung von Land und Meer im Unteren Lias und Westgrenze der Verbreitung von kompakten Sandsteinhorizonten vor der Ostküste.

Vergleichbare geographische Verhältnisse herrschten auch im Dogger beta und gamma, obwohl sich die Küste inzwischen um mehr als 100 km nach Osten verlagert hatte. Im Unterschied zum Unterlias bestehen die Sandkörper des Dogger beta nicht nur aus Quarzkörnern sondern auch aus Brauneisenooiden (Fig. 8). Sandsteine und oolithische Eisenerzflöze des Dogger beta in Mittel- und Ostwürttemberg bilden ebenso wie in Norddeutschland (BRAND und HOFFMANN 1963) die gleichen in NS- oder NE–Richtung gestreckten und kulissenartig versetzten Körper und gehen küstenwärts in Sandflaserschichten über (WILD 1950, WERNER 1959). Faziesverteilung und Strömungsverlauf waren daher zur Zeit der Sandstein- und Flözablagerung im Dogger beta im Prinzip gleich wie im Hettangium.

Die Schichten des schwäbischen Lias und Dogger gelten als fossilreich. In Wirklichkeit enthalten jedoch viele Horizonte fast nur Cephalopoden (Ammoniten, Belemniten), während das autochthone Benthos ausgesprochen formenarm und / oder kleinwüchsig (RAU 1905) ist oder fehlt. Besonders deutlich lässt sich das an Hand der Verbreitung der stenohalinen kalkschaligen Brachiopoden zeigen. Sie fehlen in manchen Horizonten, insbesondere im Unteren Dogger vollständig (Fig. 9), die Zahl der nachgewiesenen Arten geht parallel zum Karbonatgehalt der Schichten, am höchsten ist sie in dem durch hohen Glaukonitgehalt (Fig. 1) und andere Merkmale als vollmarine Ablagerung ausgewiesenen Lias gamma (Unteres Pliensbachium). In den Horizonten, in welchen kalkschalige Brachiopoden fehlen (Teile des Hettangium, Unterer Dogger), tritt mitunter Lingula in grosser Zahl auf. Da ausserdem die Foraminiferenfauna dieser Schichten artenarm ist (USBECK 1952, KOBLER 1967, ROGOWSKI 1968) und sich meist nur aus wenigen Sandschalern zusammensetzt oder überhaupt fehlt, so darf gefolgert werden, dass gewisse Horizonte des Hettangium und der Untere Dogger in Meereswasser mit geringerer Salinität abgelagert wurden.

Im Gegensatz zum Lias und Dogger sind die Schichten des Malm in Schwaben durchweg karbonatreich. Sie bestehen aus einem mehrfachen Wechsel von Kalkstein- und Mergelserien mit einer durch Brachiopoden und Kieselschwämme gekennzeichneten Fossilgesellschaft und eingelagerten Riffkalken. Diese in der Schweiz als argovische Fazies bezeichnete Ausbildung des Malm findet sich von der NE–Schweiz über die Schwäbische und Fränkische Alb verbreitet und erstreckt sich, wie man aus Bohrungen weiss, auch unter den Molassetrog bis in die Nähe des Bodensees. Hier geht die argovische Fazies nach Süden in die helvetische Fazies des Quintnerkalks (SCHNEIDER 1962) über. Geographisch steht die argovische Fazies also zwischen dem bathyalen Quintnerkalk und der neritischen rauracischen Fazies. Im Gebiet der Schwäbischen Alb ist der Malm durch besonders ausgedehnte Riffbildung gekennzeichnet, auf die nun noch eingegangen werden soll.

Die Riffbildung beginnt zwar im Westteil der Alb ebenso wie in der Schweiz schon im untersten Malm, ausgedehnte und mächtige Riffkomplexe treten jedoch erst im Malm beta im Gebiet zwischen Balingen und dem Donautal auf. Nach einem Rückgang im Gamma erreichen die Riffe ihre grösste Ausdehnung im oberen Malm delta, den pseudomutabilis-Schichten. Damals war der Meeresboden im Gebiet der schwäbischen Alb fast vollständig von Riffen bedeckt, geschichtete Sedimente wurden nur noch in wenigen räumlich eng begrenzten Gebieten abgelagert. Diese Riffzone hatte zur Zeit ihrer grössten Ausdehnung eine Breite von über 100 km. Die auffälligsten Fossilien der Riffkalke unseres Malm sind verkalkte Kieselschwämme, die deshalb

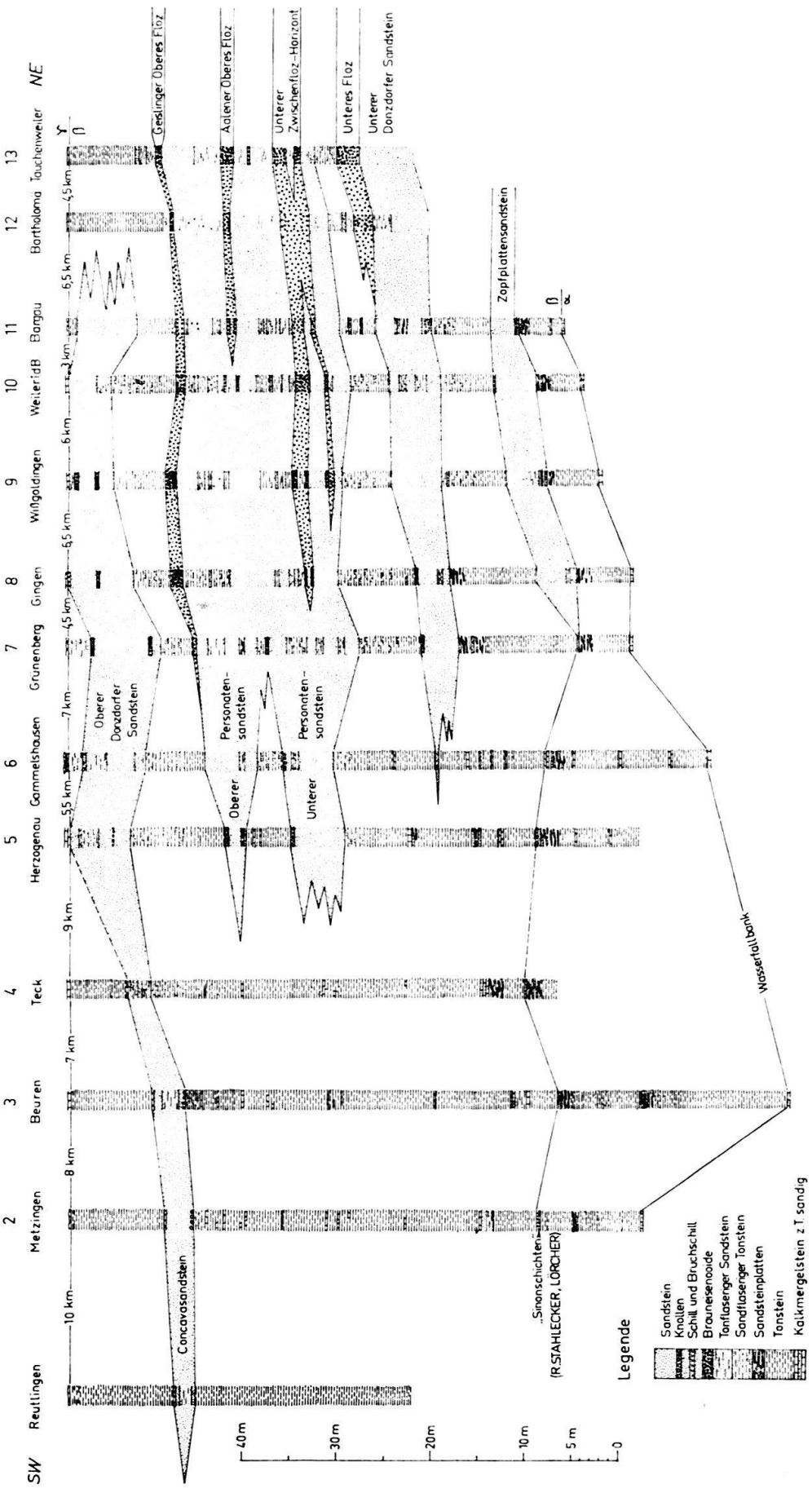

Fig. 8. Verbreitung der Sandstein- und Eisenoolithhorizonte im Dogger beta von Mittel- und Ostwürttemberg (nach WEBER).

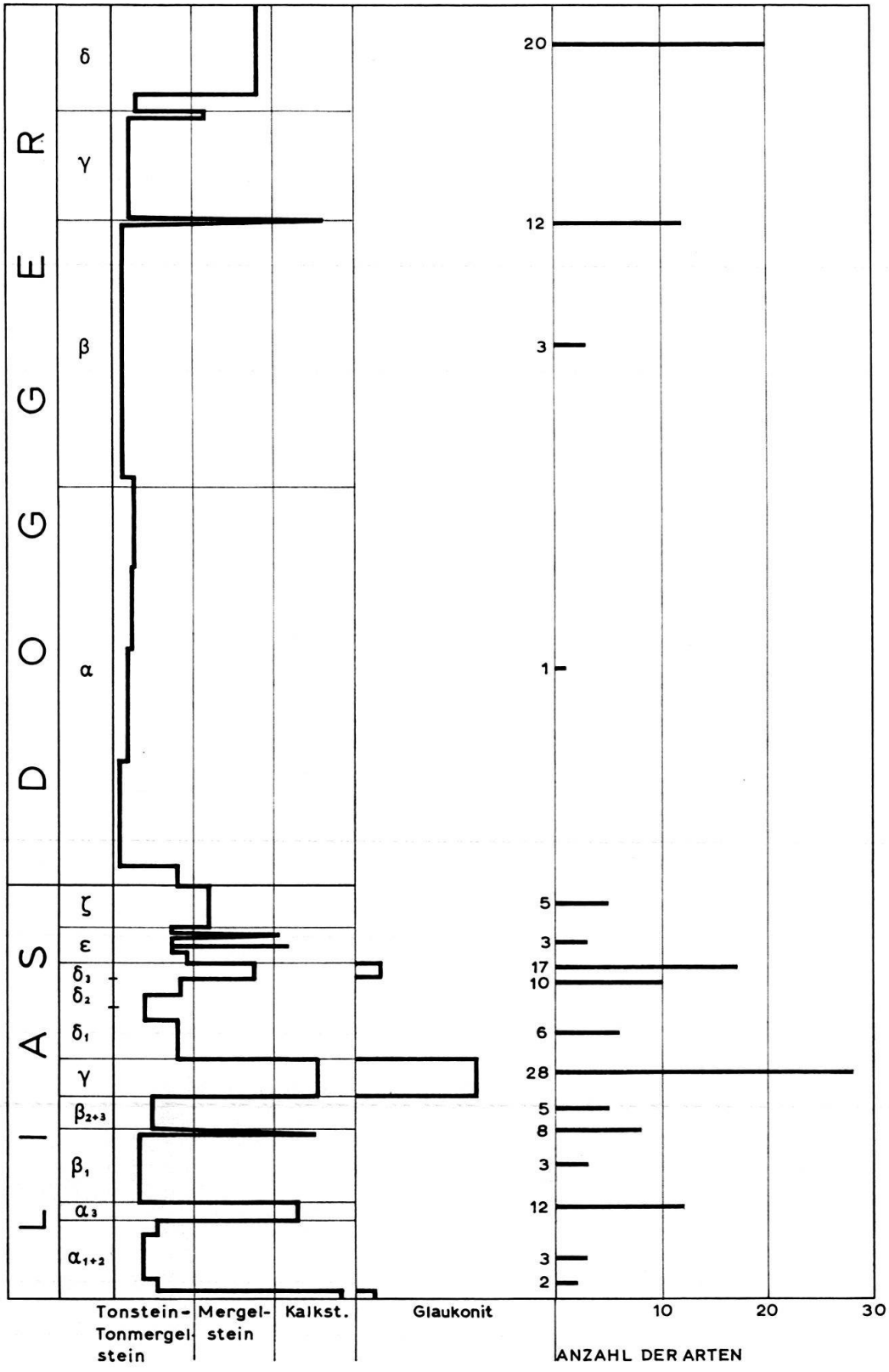

Fig. 9. Kalkgehalt, Glaukonitführung und Verbreitung kalkschaliger Brachiopoden im Lias und Unteren Dogger Württembergs.

bisher als wichtigste Riffbauer galten. Eine sedimentologische Untersuchung hat jedoch ergeben, dass krustenartige Abscheidungen von Algen, echte Stromatolithen, sessile Foraminiferen und Ooide mengenmässig die Schwämme am Aufbau der Riffe weit übertreffen (HILLER 1964). Die Riffe müssen daher als Algen-Schwammriffe bezeichnet werden. Sie unterscheiden sich nicht nur durch die Art ihrer Erbauer sondern auch durch die Art ihrer Einschaltung in geschichtete Sedimente grundsätzlich von Korallenriffen.

Für die geschichteten Ablagerungen zwischen den Riffen ist sehr regelmässige Schichtbildung bezeichnend. Einzelne Bänke und Bankkomplexe lassen sich auch in die Riffe und über grosse Teile der schwäbischen Alb, ja darüber hinaus verfolgen (SEIBOLD 1950, ZIEGLER 1955). Auch isolierte Gebiete mit Bankkalken mitten zwischen Riffen zeigen überall ähnliche Bankfolgen. Anzeichen von Brandungseinwirkung an den Riffen fehlen meist, Riffe und Schichtkalke stehen in synrecifalem Verband (GWINNER 1962) und die Begleitfauna der Algen und Spongien besteht aus überwiegend kleinwüchsigen Brachiopoden, Serpeln und Bryozoen des strömungsarmen Wassers (WAGENPLAST 1967). Das Fehlen von echtem Riffschutt, die Seltenheit von Schichtgleitungen und von gradierter Schichtung in den riffnahen Ablagerungen sind weitere Hinweise auf die von Korallenriffen abweichende fazielle Stellung der Algen-Spongien-Riffe.

Zur Zeit ihrer grössten Ausdehnung erreichten die Riffe eine Höhe bis zu 120 m über dem Meeresboden (GWINNER 1962a, HÖLDER 1964). Der Top der Riffe muss unterhalb der Einwirkung von Wellen und Seegang und unterhalb des Lebensbereichs der Riffkorallen und ihrer Begleiter gelegen haben. Daraus ergibt sich als Mindesttiefe für den Top der Riffe etwa 50 m und für die Senken zwischen den Riffen, d. h. das Gebiet der geschichteten Ablagerungen eine Tiefe bis zu rund 170 m (vgl. ZIEGLER 1967).

Die Algen-Spongienriffe wuchsen demnach in einer energieärmeren Zone des Meeres als die Korallenriffe. Damit wird auch verständlich, warum im Malm alpha bis delta keinerlei Gliederung in Vorriff, Riff- und Hinterriffazies, wie sie die grossen Flachwasserriffe der Erdgeschichte meist zeigen, zu erkennen ist.

Dies ändert sich im Verlauf des obersten Malm. An der Wende vom Malm epsilon zum zeta, mit Beginn der Gravesienschichten, treten an den Riffen die ersten Anzeichen der Bearbeitung durch Strömungen und Brandung auf und zeigen eine Verflachung des Meeres an. Im ganzen Gebiet der schwäbischen Alb sind in die Bankkalke des unteren Malm zeta diskordante, meist auch gestriemte und verformte Schichtpakete eingelagert, die durch Schichtgleitung an ihren Ort kamen (GWINNER 1962b). In der Regel liegt auf einem solchen Gleitpaket eine Breccie, die überwiegend aus Komponenten von Riffkalk besteht, fast immer gradierte Schichtung aufweist und Fossilien – meist in zerbrochenem Zustand – enthält, die in den autochthonen Kalkbänken nicht vorkommen und aus höheren Zonen der Riffe stammen (SCHREINER 1961). Die Ablagerung dieser Gleitpakete ging daher so vor sich, dass an der steilen Böschung des Riffs zunächst feinkörniger geschichteter Kalkschlamm abgelagert wurde, auf den sich eine immer mächtiger werdende Decke von Riffschutt legte. Infolge der Überlast nahmen die Scherspannungen im Kalkschlamm so zu, dass das Paket abglitt. Während der Gleitung wurde der Riffschutt aufgewirbelt und setzte sich nach Art einer Trübeströmung gradiert ab, dabei gelangte das feinkörnige Material weit über das Gebiet des Gleitpakets hinaus. Aus diesem Grund liegen grobkörnige

Breccien meist auf Gleitpaketen und wurden nicht selten gemeinsam mit diesen verformt (Fig. 10, KB 3), während feinkörnige Breccien auch auf autochthonen Bänken lagern (Fig. 10 unten). Zur Zeit der Bildung der Gleitpakete und Breccien muss der Top der Riffe schon im Bereich der Brandung gelegen haben. Mit der Verflachung des Malmmeeres, die daraus abzulesen ist, änderten sich die ökologischen Verhältnisse im Riffgürtel und die Sedimentation. An einigen Stellen der Alb verwandelten sich die schüsselartigen Senken zwischen den Riffkränzen infolge der Verflachung in teilweise abgeschnürte Lagunen, deren Boden tiefer lag als der niedrigste Teil des Riffkranzes. Der Wasseraustausch mit dem Gebiet ausserhalb der Lagune war dadurch behindert, und es setzte der Vorgang der Stagnation ein (TEMMLER 1964, 1966), den wir schon aus dem Lias kennen. In der Lagune werden feinschichtige Kalkschiefer abgelagert, die wieder die bekannte Totengesellschaft aus Landpflanzen, Lufttieren, Meeresreptilien, Fischen und anderen schwimmenden und planktonisch lebenden Tieren (z. B. Saccocoma) aber kaum einheimisches Benthos führen. In die bekannten Schieferkalke von Nusplingen sind zahlreiche gradierte Breccien und meh-

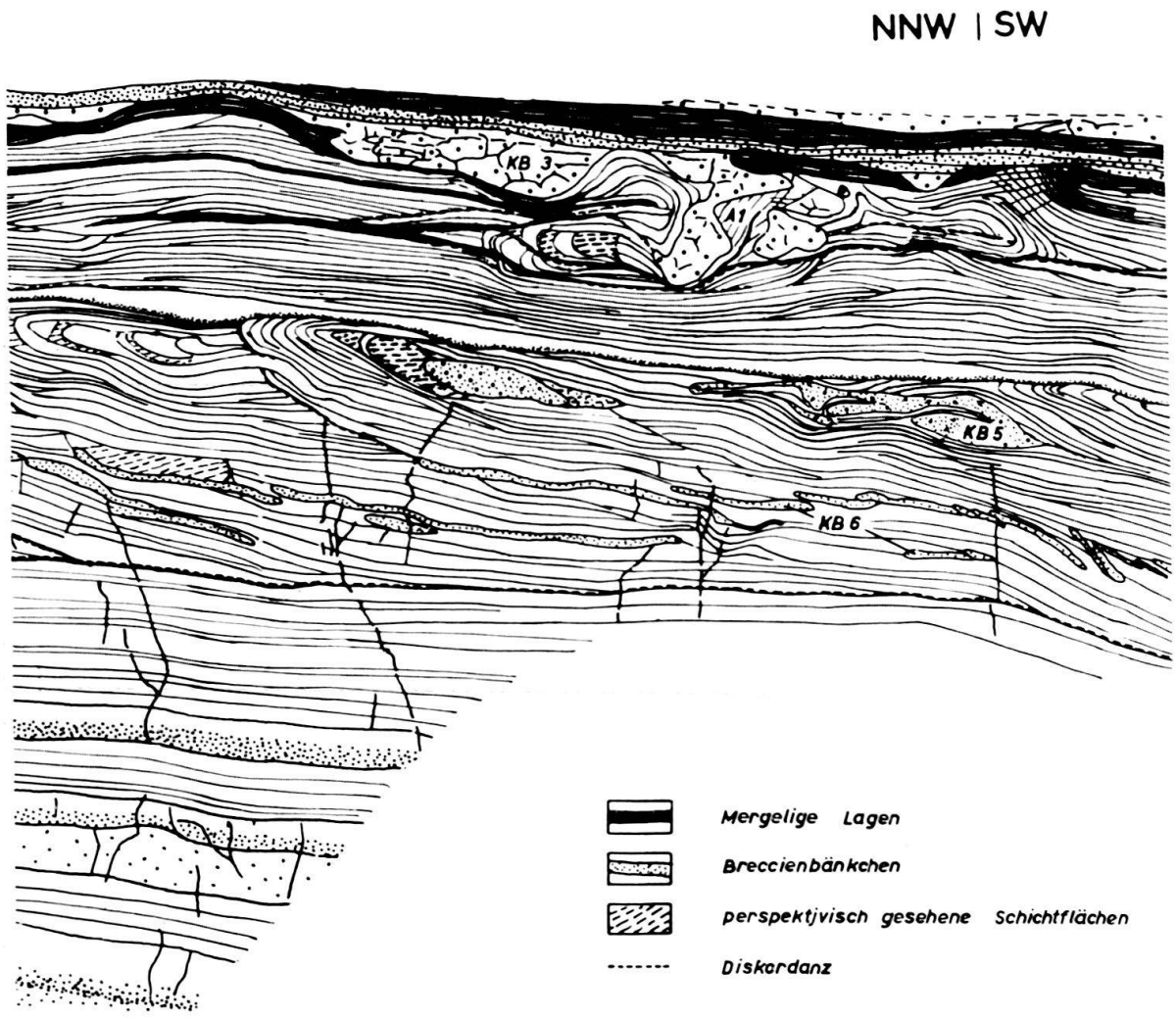

Fig. 10. Gleitpakete und gradierte Breccien in den Schieferkalken der Siliceus-Zone (Malm zeta 1) von Nusplingen in Württemberg (nach TEMMLER).

rere Gleitpakete eingelagert (Fig. 10), die zeigen, dass auch von den Hängen der Riffe, die die Nusplinger Lagune umgaben, immer wieder Rutschungen in die Lagune hineingingen (TEMMLER 1966). Die Verflachung des Meeres zu Beginn der Gravesienschichten hatte weiterhin zur Folge, dass sich die Zusammensetzung der Riffauna änderte, an die Stelle der Algen, Stromatolithen und Spongien treten nun Riffkorallen mit einer reichen Begleitfauna von Muscheln und Schnecken. In der mittleren und östlichen Alb wachsen ausgedehnte Korallenrasen, in der Gegend von Ulm auch regelrechte Riffe mit mächtigen Schuttablagerungen als Vorriffbildungen (PAULSEN 1964). Das Korallenwachstum geht auch während der Sedimentation der Zementmergel und der Hangenden Bankkalke, den letzten erhaltenen Bildungen des Jurameeres in Schwaben, örtlich noch weiter.

ZITIERTE LITERATUR

BLOOS, G. (1968): *Sedimentologie und Palaeoökologie der Sandsteine des Unteren Lias im östlichen Württemberg.* Unveröffentlichte Dissertation, Univ. Stuttgart.

BRAND, E. und HOFFMANN, K. (1963): *Stratigraphy and facies of the Northwest German jurassic and genesis of its oil deposits.* 6th World Petr. Congr. Sed. I Pap. 17, Germany, 1–23.

BÜCHI, U. P., LEMCKE, K., WIENER, G. und ZIMDARS, J. (1965): *Geologische Ergebnisse der Erdölexploration auf das Mesozoikum im Untergrund des schweizerischen Molassebeckens.* Bull. Ver. Schweizer. Petrol.-Geol. und -Ing. *32*, 7–38.

EINSELE, G. und SEIBOLD E. (1961): *Die geologische Kartierung der Rohrgräben beim Bau der Bodensee-Fernwasserversorgung.* Jb. geol. Landesamt Baden-Württ. *4*, 183–264.

FRITZ, P. (1965): O^{18}/O^{16} *Isotopenanalysen und Palaeotemperaturbestimmungen an Belemniten aus dem Schwäb. Jura.* Geol. Rundschau *54*, 261–269.

GWINNER, M. P. (1962a): *Geologie des Weissen Jura der Albhochfläche (Württemberg)* N. Jb. Geol. Palaeont. Abh. *115*, 137–221.

GWINNER, M. P. (1962): *Subaquatische Gleitungen und resedimentäre Breccien im Weissen Jura der schwäbischen Alb (Württemberg).* Z. deutsch. geol. Ges. *113*, 571–590.

HÖLDER, H. (1964): *Jura*, Handb. stratigr. Geol. IV, 1–603, Stuttgart 1964.

HILLER, K. (1964): *Über die Bank- und Schwammfazies des Weissen Jura der Schwäbischen Alb.* Arbeiten aus dem Geol.-Pal. Inst. der TH Stuttgart, N.F. *40*, 190+XIII S.

HOFFMANN, K. (1950): *Die Grenze Unter-Mittellias und die Zone des Eeoderoceras miles (Simpson) in Nordwestdeutschland.* Geol. Jahrb. *64*, 75–121.

– (1966): *Die Stratigraphie und Palaeogeographie der bituminösen Fazies des nordwestdeutschen Oberlias (Toarcium).* Beitr. geol. Jb. *58.*, 443–498.

HOFFMANN, K. und MARTIN, G. P. R. (1960): *Die Zone des Dactylioceras teniucostatum (Toarcien, Lias) in NW- und SW-Deutschland.* Palaeont. Z. *34*, 103–149.

HORON, D. et LEFAVRAIS-RAYMOND, A. (1961): *Bassin de Paris.* Colloque sur le lias français, Mémoires Bur. Rech. Géol. Min. *4*, 3–56.

KOBLER, H. U. (1967): *Zur Ökologie und Fazies des Braunen Jura alpha im Raum Göppingen (Württemberg).* Unveröffentlichte Diplomarbeit T. H. Stuttgart 1967.

KÖLBEL, H. (1967): *Die Palaeogeographie des Juras im Nordteil der DDR in Beziehung zu den Nachbargebieten.* Ber. deutsch. Ges. geol. Wiss. A. Geol. Palaeont. *12*, 259–288.

MAUBEUGE, P. L. (1955): *Observation géologiques dans l'est du Bassin de Paris*, Tome *1*, Nancy.

MOUTERDE, R. (1952): *Études sur le Lias et le Bajocien des bordures nord et nord-est du massif central français.* Bull. Serv. Carte géol. France Tome L, *236*, 1–458.

PAULSEN, S. (1964): *Aufbau und Petrographie des Riffkomplexes von Arnegg im höheren Weissen Jura der Schwäbischen Alb (Württemberg).* Arb. geol. pal. Inst. Th Stuttgart NF. *42*, 1–100.

RAU, K. (1905): *Die Brachiopoden des mittleren Lias Schwabens mit Ausschluss der Spiriferinen.* Geol. pal. Abh. N.F. *6*, 263–355.

RIEK, R. (1966): *Stratigraphie des Lias alpha (Arietenschichten) auf den Fildern* Jahresh. Ver. vaterl. Naturk. Württemberg *121*, 169–190.

ROGOWSKI, E. (1967): *Sedimentpetrographische und mikropalaeontologische Untersuchungen im Dogger beta.* Unveröffentlichte Diplomarbeit TH Stuttgart, 1967

ROLL, A. (1952): *Der unmittelbare Nachweis des vindelizischen Rückens unter der süddeutschen Molasse.* Geol. Rundsch. *40*, 243–248.

SCHNEIDER, J. (1962): *Der Jura in Erdölbohrungen des westlichen Molassetrogs.* Hermann-Aldinger-Festschrift, Stuttgart, 163–172.

SCHREINER, A. (1961): *Über den Weissen Jura im Hegau.* Jahrb. geol. L. A. Baden-Württemberg *5*, 243–277.

SEIBOLD, E. (1950): *Der Bau des Deckgebirges im oberen Rems-Kocher-Jagst-Gebiet.* N. Jb. Geol. Palaeont. Abh. *92*, 243–366.

SEILER, K.-P. und VILLINGER, E. (1966): *Stratigraphische und tektonische Untersuchungen im Keuper und Lias des Lein-Rems-Gebietes (Württemberg).* Oberrh. geol. Abh. *15*, 61–97.

TEMMLER, H. (1964): *Über die Schiefer- und Plattenkalke des Weissen Jura der Schwäbischen Alb (Württemberg).* Arb. Geol-Pal. Inst. TH Stuttgart, N. F. *43*, 1–106.

TEMMLER, H. (1966): *Über die Nusplinger Fazies des Weissen Jura der Schwäbischen Alb (Württemberg)* Z. deutsch. Geol. Ges. *116*, 891–907.

TRÜMPY, R. (1949): *Der Lias der Glarner Alpen.* Denkschr. Schweiz. Naturf. Ges. *79*, Abh. 1 (Diss. Zürich), 1–192.

TRÜMPY, R. (1959): *Hypothesen über die Ausbildung von Trias, Lias und Dogger im Untergrund des schweizerischen Molassebeckens.* Eclogae geol. Helv. *52*, 435–448.

USBECK, I. (1952): *Zur Kenntnis von Mikrofauna und Stratigraphie im unteren Lias alpha Schwabens.* N. Jb. Geol. Palaeont. Abh. *95*, 371–476.

WAGENPLAST, P. (1967): *Die Begleitfauna der Schwammriffe des Weissen Jura der Schwäbischen Alb (Württemberg).* Unveröffentlichte Diplomarbeit, TH Stuttgart.

WEBER, H. S. (1967): *Zur Westgrenze der ostschwäbisch-fränkischen Fazies des Braunjura (Dogger) beta in der Schwäbischen Alb (Württemberg).* Jbr. Mitt. oberrh. geol Ver. N.F. *49*, 47–54.

WERNER, F. (1959): *Zur Kenntnis der Eisenoolithfazies des Braunjura beta von Ostwürttemberg.* Arb. Geol. pal. Inst. TH Stuttgart, N.F. *23*, 1–169.

WIEDEMANN, H. U. (1966): *Die Geologie der Blätter Göppingen (7223) und Lorch (7224) in Württemberg mit Nachträgen zu Blatt Weilheim (7323) 1:25000.* Arb. Geol. Pal. Inst. TH Stuttgart, N.F. *53*, 1–226.

WILD, H. (1950): *Zur Bildungsgeschichte der Braunjura- beta- Flöze und ihrer Begleitgesteine in Nordost-Württemberg.* Geol. Jahrb. *65*. 271–298.

ZIEGLER, B. (1955): *Die Sedimentation im Malm Delta der Schwäbischen Alb.* Jber. Mitt. oberrh. Geol. Ver. N. F.*37*, 29–55.

ZIEGLER, B. (1967): *Ammoniten-Ökologie am Beispiel des Ober-Jura.* Geol. Rdsch. *56*, 439–464.