Ber. Naturhist. Ges.	116	Festschrift 175 Jahre	Hannover 1972

Geochemie der Geoden des Unteren Toarcium (Lias epsilon) im südlichen Niedersachsen und ihre Aussage für Stratigraphie und Genese *)

Von HEINRICH GUNDLACH und REINER JORDAN, Hannover **)

Mit 5 Abb. und 1 Tab.

Zusammenfassung

Die im Unteren Toarcium (Lias epsilon, Unterer Jura) des südlichen Niedersachsen auftretenden vier fossilführenden Geoden-Lagen wurden geochemisch untersucht. Die Geoden bestehen hauptsächlich aus Kalzit und zeigen gewisse Schwankungen in den Gehalten an Begleit-Elementen. Die Eisen-Gehalte sind allgemein niedrig. Nur in der *elegans*-Geodenlage *(falcifer*-Zone, *elegans*-Subzone) enthält ein Viertel der Geoden höhere Eisen-Gehalte in der Form von Pyrit. Dies kann man erklären durch ein erhöhtes Angebot an Sulfid-Ionen aus der Zersetzung organischen Materials. Diese Entwicklung deutet sich auch in der nächst tieferen und nächst höheren Geoden-Lage an. Der im höheren Unter-Toarcium *(commune*-Bank) auftretende Kalkstein enthält etwa 11 % Magnesium-Oxid und nur sehr wenig Sulfid; das Eisen ist demnach in das Kalzit-Gitter eingebaut.
Die gefundenen geochemischen Unterschiede können zur stratigraphischen Einstufung der Geoden benutzt werden, wenn bestimmbare Fossilien nicht gefunden werden. Dies gilt jedoch nur, wenn mehrere Geoden aus dem gleichen Horizont verfügbar sind. Die sichere Einstufung einer Einzelgeode in einen stratigraphischen Horizont ist bisher nicht möglich. Aus dem Ergebnis der geochemischen Untersuchungen können einige genetische Schlußfolgerungen gezogen werden.

Abstract

Within the Lower Toarcium (Lower Jurassic) of Southern Lower Saxony there exist four layers of fossiliferous nodules (concretions, "Geoden"), which were chemically investigated. The nodules consist, on the main, of calcite, and show some variability in the contents of concomitant elements. As a rule the iron contents are low. But in the *elegans*-layer of nodules *(falcifer* zone, *elegans* subzone) one quarter of the nodules contains lots of iron as pyrite. This is explained by an increased supply of sulphide originating from the disintegration of organic material. This evolution is also indicated in the nearest underlying and overlying layers. Limestone appearing in the lower Upper Toarcium *(commune* bed) contains about 11 % MgO and still only very little sulphide, and therefore iron is supposed to be incorporated in the carbonate.

*) Diese Arbeit wurde auf dem „Internationalen Geochemischen Kongreß" in Moskau (Juli 1971) vorgelegt. Wir bitten zu entschuldigen, daß die für diesen Zweck gezeichneten Abbildungen englisch beschriftet sind.

**) Dr. HEINRICH GUNDLACH, 3 Hannover-Buchholz, Bundesanstalt für Bodenforschung, Alfred-Bentz-Haus
Dr. REINER JORDAN, 3 Hannover-Buchholz, Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung, Alfred-Bentz-Haus

The chemical differences discovered can be used to carry out a stratigraphical classification of the nodules if determinable fossils are not found. This applying in the event that several nodules from one and the same horizon are available. The safe classification of one sole nodule assigning it to a stratigraphical horizon is not possible up to date. Some genetical conclusions can be drawn from the result of the geochemical investigations.

1. Paläogeographie, Biostratigraphie

Die Tonsteine des Unteren Toarcium („Posidonienschiefer", Lias epsilon) und des tieferen Ober-Toarcium („Dörntener Schiefer", tieferer Lias zeta) sind wegen ihres Fossil- und Bitumengehaltes seit jeher von großem Interesse für Paläontologen und Geologen gewesen. Die wichtigsten Arbeiten über ihre Stratigraphie und Paläogeographie stammen von K. HOFFMANN (1968 a, b).

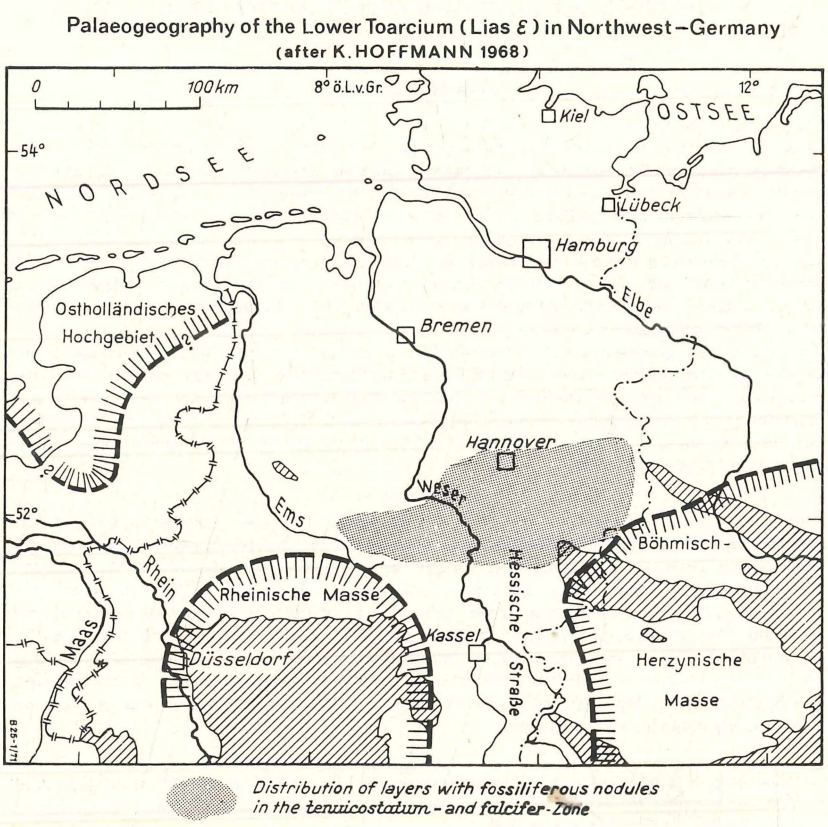


Abb. 1: Paläogeographie des Unteren Toarcium (Lias epsilon) in Nordwest-Deutschland (nach K. HOFFMANN 1968 a, abgeändert).
Grau gerastert das Verbreitungsgebiet der fossilführenden Geoden-Lagen in der *tenuicostatum*- und *falcifer*-Zone im südlichen Niedersachsen.

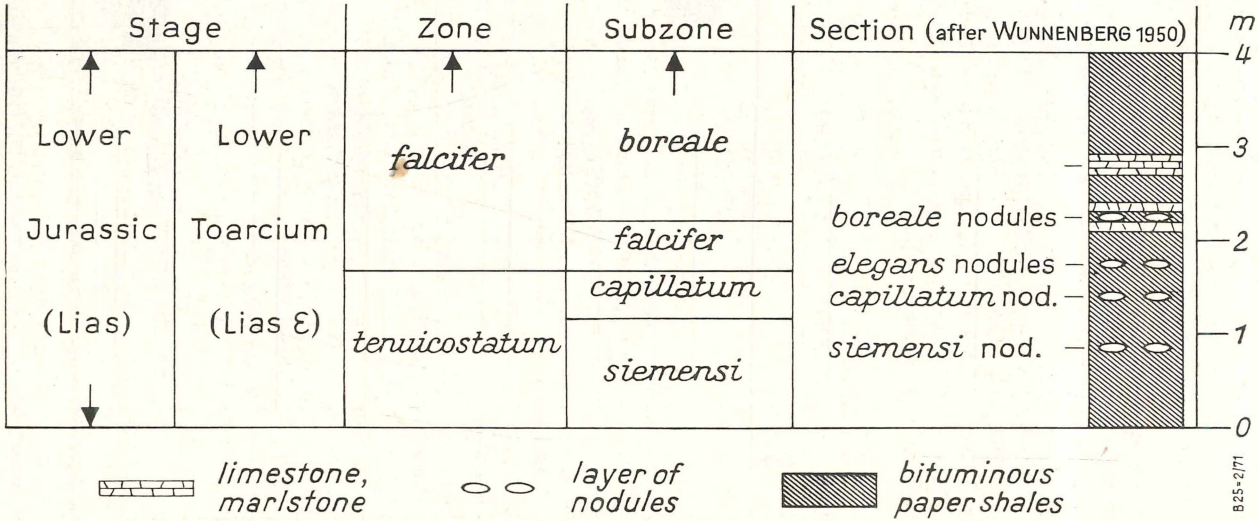


Abb. 2: Standard-Profil des tieferen Unter-Toarcium (Lias epsilon) in der Umgebung von Braunschweig (nach WUNNENBERG 1950, abgeändert)

Im „Posidonienschiefer" (*tenuicostatum*-Zone und *falcifer*-Zone) des Unteren Toarcium im nördlichen Harzvorland treten vier horizontbeständige Lagen von Konkretionen („Geoden") auf.

Diese Geoden-Lagen werden = von unten nach oben = nach den in ihnen enthaltenen Leitammoniten als *siemensi*-, *capillatum*-, *elegans*- und *boreale*-Geoden bezeichnet (*Lobolytoceras siemensi* (DENCKMANN) und *Tiltoniceras capillatum* (DENCKMANN) aus der *tenuicostatum*-Zone sowie *Harpoceras elegans* (YOUNG & BIRD) [nach LEHMANN 1968 = *Eleganticeras elegantulum* (YOUNG & BIRD)] und *Hildoceras (Hildaites) boreale* (SEEBACH) aus der *falcifer*-Zone). Die stratigraphisch höhere *commune*-Bank mit *Dactylioceras commune* (SOWERBY) besteht im wesentlichen aus Kalkstein und wurde in unsere Untersuchungen einbezogen.

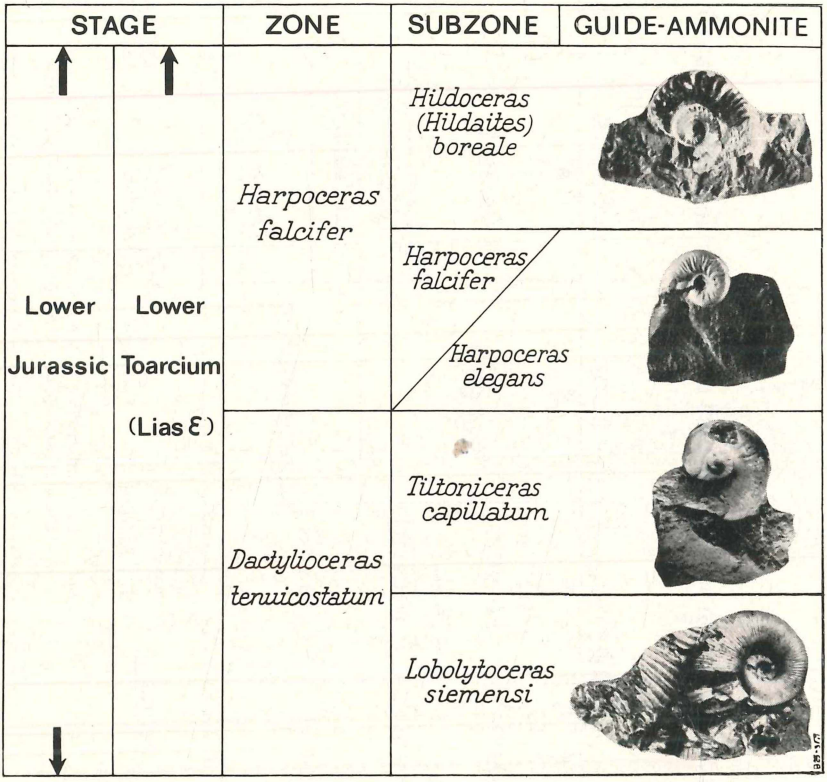


Abb. 3: Leitammoniten des tieferen Unter-Toarcium (Typ.-Kat. N.L.f.B. Hannover Nr. 4540-43)

Zur Frage, innerhalb welcher Zeitspanne die vier Geoden-Lagen abgelagert wurden, kann davon ausgegangen werden, daß nach HOWARTH 1964 auf Grund von radiometrischen Altersbestimmungen für die Dauer des Unteren Jura insgesamt etwa 25 Millionen Jahre angesetzt werden. Stellt man diesen Zeitraum die 21 Ammoniten-Zonen gegenüber und nimmt für jede Zone eine in etwa gleiche Dauer an, so kann die Zeitspanne, in der die vier Geoden-Lagen gebildet wurden, auf etwa zwei Millionen Jahre geschätzt werden.

LEHMANN (1966, 1968) beschreibt Konkretionen aus dem Unter-Toarcium und deren Fossilinhalt, die als Geschiebe in den Hamburger Raum gelangten („Ahrensburger Geschiebe"). Seine aus diesen Funden gewonnenen stratigraphischen Ergebnisse stimmen mit der hier den Abbildungen zugrunde gelegten – vor allem auf den Arbeiten von K. HOFFMANN (1968 a, b) basierenden —Subzonen-Folge nicht überein.

Eine Klärung der Stratigraphie des höheren Unter-Toarcium im Harzvorland dürften die Untersuchungen von WEITSCHAT bringen.

2. Geochemie

2.1. Analysen

Ziel der geochemischen Untersuchungen war es, zu prüfen, ob sich die in Tagesaufschlüssen Südniedersachsens zugänglichen vier Geoden-Lagen (siehe Abb. 1) außer durch ihren Fossilgehalt auch durch ihre geochemische Zusammensetzung unterscheiden lassen. Dies ist wünschenswert, wenn kein bestimmbares Fossil in den Geoden enthalten ist und daher die genaue stratigraphische Zuordnung unklar ist. Nur in einigen Fällen ist es möglich, die Geoden durch ihr Erscheinungsbild zu unterscheiden, d. h. nach dem Aussehen der Bruchfläche und der Farbe.

Daher wurde eine größere Zahl von Geoden aus der Sammlung des Niedersächsischen Landesamtes für Bodenforschung, in denen Leitammoniten auftreten, chemisch untersucht. Daneben untersuchten wir einige die Leitammoniten enthaltenden stratigraphisch höhere Proben aus dem höheren Unter-Toarcium *(commune*-Bank), ebenfalls aus dem Harzvorland. Insgesamt standen etwa 100 Proben für die geochemischen Untersuchungen zur Verfügung, deren Durchführung wir Herrn WOLFGANG KOCH, Bundesanstalt für Bodenforschung, Hannover, verdanken. – Es ist geplant, die hier aus Sammlungsmaterial gewonnenen Ergebnisse bei geeigneten Aufschlußverhältnissen durch Aufsammlungen im Gelände zu ergänzen.

Zu den Analysen wurden die unverwitterten Innenteile der Geoden herangezogen, angewitterte äußere Teile wurden zu Kontrollzwecken in einigen Fällen ebenfalls untersucht. Die einzelnen Bestandteile wurden nach folgenden Methoden bestimmt: SiO_2 und S gravimetrisch, CaO und MgO titrimetrisch, Fe, MnO, Al_2O_3, Ni, Cr, Zn durch Atom-Absorbtions-Spektralphotometrie, TiO_2 und P_2O_5 durch Lösungs-Spektralphotometrie. Die Analysenergebnisse wurden

zu Vergleichszwecken wie folgt berechnet: CaO und MgO wurden auf SiO_2-freies Ausgangsmaterial bezogen, um vergleichbare Zahlen für die Karbonat-Hauptbestandteile zu bekommen. Alle anderen Werte wurden auf das trockene Gesamtmaterial bezogen, um Vergleiche über die Gesamtzusammensetzung anstellen zu können.

Bei der Analyse stellte sich heraus, daß die Geoden im wesentlichen Kalk-Geoden sind. Bemerkenswert ist die relativ große Schwankung im Eisen-Gehalt, die eine Einteilung der untersuchten Geoden in zwei Gruppen ermöglicht:

	Typ A (Fe-arm)	Typ B (Fe-reich)
CaO	(35)* —48 —53	25 – 48
MgO	0,5 – 2,9 (– 11,9)*	0,6 – 1,4
Fe	0,3 – 2,5	3,5 – 18
S	0,1 – 2,1	2,7 – 21
Ni	bis zu 0,06	0,05 – 0,18
Cr	unter 0,01	< 0,01 – 0,12
Zn	0,002 – 0,005	0,003 – 0,006
MnO	0,01 – 0,13	
TiO_2	0,01 – 0,11	
P_2O_5	0,04 – 0,52	
SiO_2	0,9 – 6,0	
Al_2O_3	0,3 – 2,6	

Tabelle 1: Gehalte einiger ausgewählter Elemente in den zwei Geoden-Gruppen Typ A und Typ B auf Grund sämtlicher Analysen aus den vier Geoden-Lagen sowie der *commune*-Bank (*). Angaben in %.

Verschiedene Geoden-Typen mit vergleichbaren Unterschieden in der chemischen Zusammensetzung werden auch von BOCK 1964 aus dem Lias gamma und dem Lias delta Nordwest-Deutschlands beschrieben. Angaben über die Zusammensetzung der „Ahrensburger Geschiebe" des Unter-Toarcium im Raume Hamburg gibt LEHMANN (1966, S. 28, und 1968, S. 43).

2.2. Ergebnisse für die Stratigraphie

Im Unteren Toarcium sind die Anteile der Geoden-Typen A und B für die vier Geoden-Lagen charakteristisch (Abb. 4, 5).

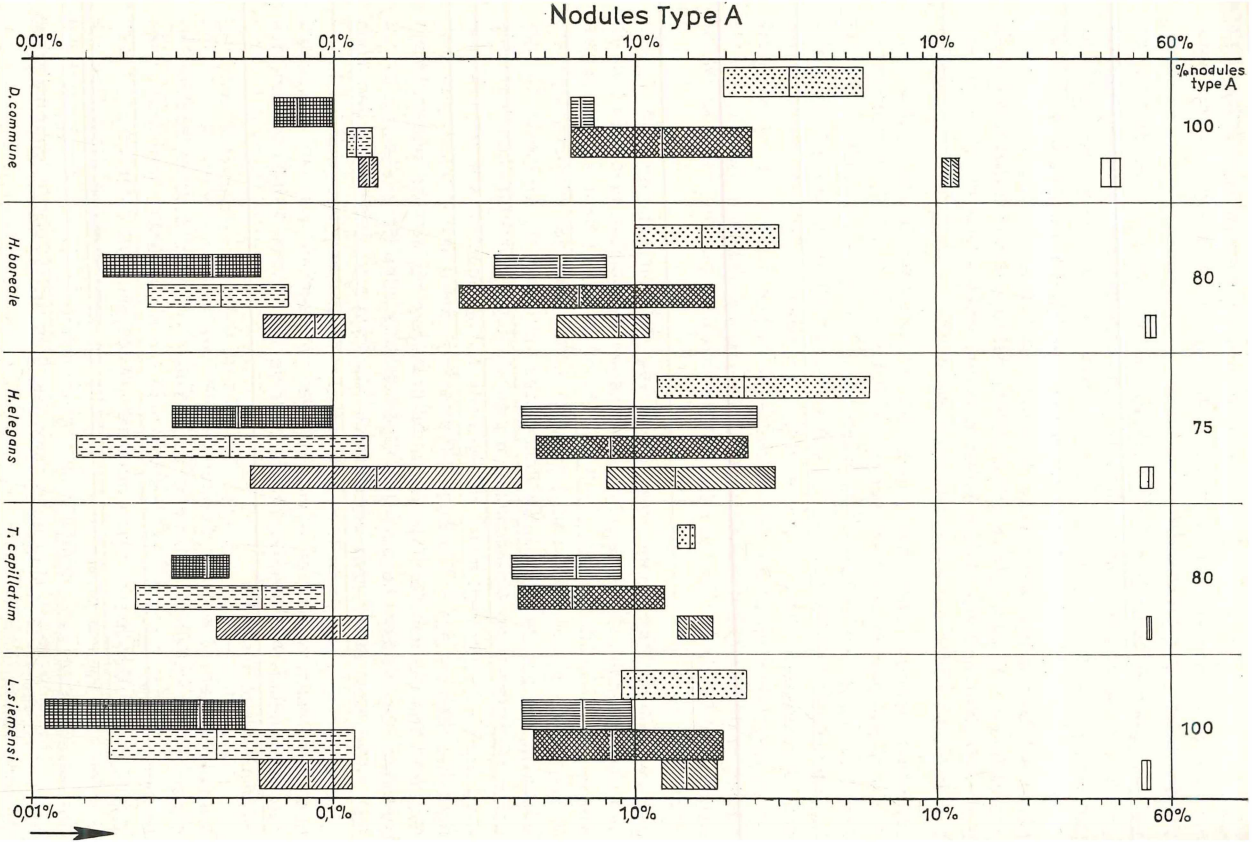
Daneben zeigen die Gehalte einzelner Elemente innerhalb der in der Tabelle 1 angegebenen Schwankungsbreiten der Typen A und B für die jeweiligen Geoden-Lagen charakteristische Werte:

siemensi-Geoden (tiefste Geoden-Lage): Alle Geoden dieser Subzone gehören zum Typ A (eisenarm). Die Gehalte an den einzelnen Elementen schwanken nur wenig. Die Schwankung im Eisen-Gehalt wird von einer fast gleichen Schwankung im Schwefel-Gehalt begleitet. Hierbei ist der Schwefel-Gehalt dem Eisen-Gehalt äquivalent, wenn man die Zusammensetzung des Pyrit (FeS_2) zugrundelegt. Hieraus kann man schließen, daß das Eisen hauptsächlich als Pyrit enthalten und der Kalzit selbst eisenfrei oder eisenarm ist. Pyrit läßt sich in vielen Fällen auch mikroskopisch erkennen.

capillatum-Geoden: Über drei Viertel der untersuchten Geoden gehören zu Typ A. Diese zeigen alle vergleichsweise hohe Gehalte an Begleitelementen. Das Eisen ist in den Geoden stets in der Form des Pyrits vorhanden. — Andererseits zeigen die Geoden des Typs B in diesem Horizont Gehalte, die nahe den Untergrenzen des für diesen Typ angegebenen Schwankungsbereichs liegen, besonders für Eisen. Der Eisen-Gehalt liegt z. T als Pyrit vor, ein Rest scheint in das Karbonat eingebaut zu sein. — Ganz allgemein zeigen die verschiedenen Elemente nur geringe Gehaltsschwankungen in den *capillatum*-Geoden.

elegans-Geoden: Nur knapp drei Viertel der Geoden gehören zum Typ A, und deren Gehalte an Begleit-Elementen liegen im gleichen niedrigen Bereich wie in den *siemensi*-Geoden. Lediglich ihr MgO-Gehalt liegt mit Ausnahme einiger Werte zwischen 2 und 3 % MgO unter dem der *siemensi*-Geoden. Allgemein ist bei den Typ-A-Geoden dieses Horizonts im Vergleich mit anderen Horizonten die Schwankung in den Gehalten der einzelnen Elemente recht groß. — Eisen liegt meist als Pyrit vor, nur gelegentlich tritt es in karbonatischer Bindung auf. — Die Begleit-Elemente reichern sich in einem gewissen Grade in den Geoden des Typs B an, die in diesem Horizont besonders häufig auftreten. Sie weisen die höchsten Eisen-Gehalte aller Horizonte auf, bis zu fast 18 %. Das Eisen liegt vornehmlich als Pyrit vor, jedoch werden auch geringe Anteile von karbonatisch gebundenem Eisen gefunden. Nickel-, Chrom- und Zink-Bestimmungen an einem Teil der untersuchten Geoden weisen auf eine besondere Anreicherung dieser Elemente in den Typ-B-Geoden des *elegans*-Horizontes hin.

boreale-Geoden: Etwa vier Fünftel gehören zu Typ A, und diese sind mit denen des *capillatum*-Horizontes vergleichbar. In den *boreale*-Geoden erreichen die CaO-Gehalte ihre höchsten und die MgO-Gehalte ihre niedrigsten Werte. In den Geoden ist Eisen praktisch restlos als Pyrit enthalten. — In den Geoden des Typs B erreichen die Gehalte an den einzelnen Elementen die unteren Grenzen des angegebenen Schwankungsbereiches. Eisen erscheint hauptsächlich als Pyrit, aber ein kleiner Teil liegt meist auch in karbonatischer Bindung vor.


Nodules Type A
0,01%
0,1%
1,0%
10%
60%
% nodules type A
D. commune
100
H. boreale
80
H. elegans
75
T. capillatum
80
L. siemensi
100
0,01%
0,1%
1,0%
10%
60%

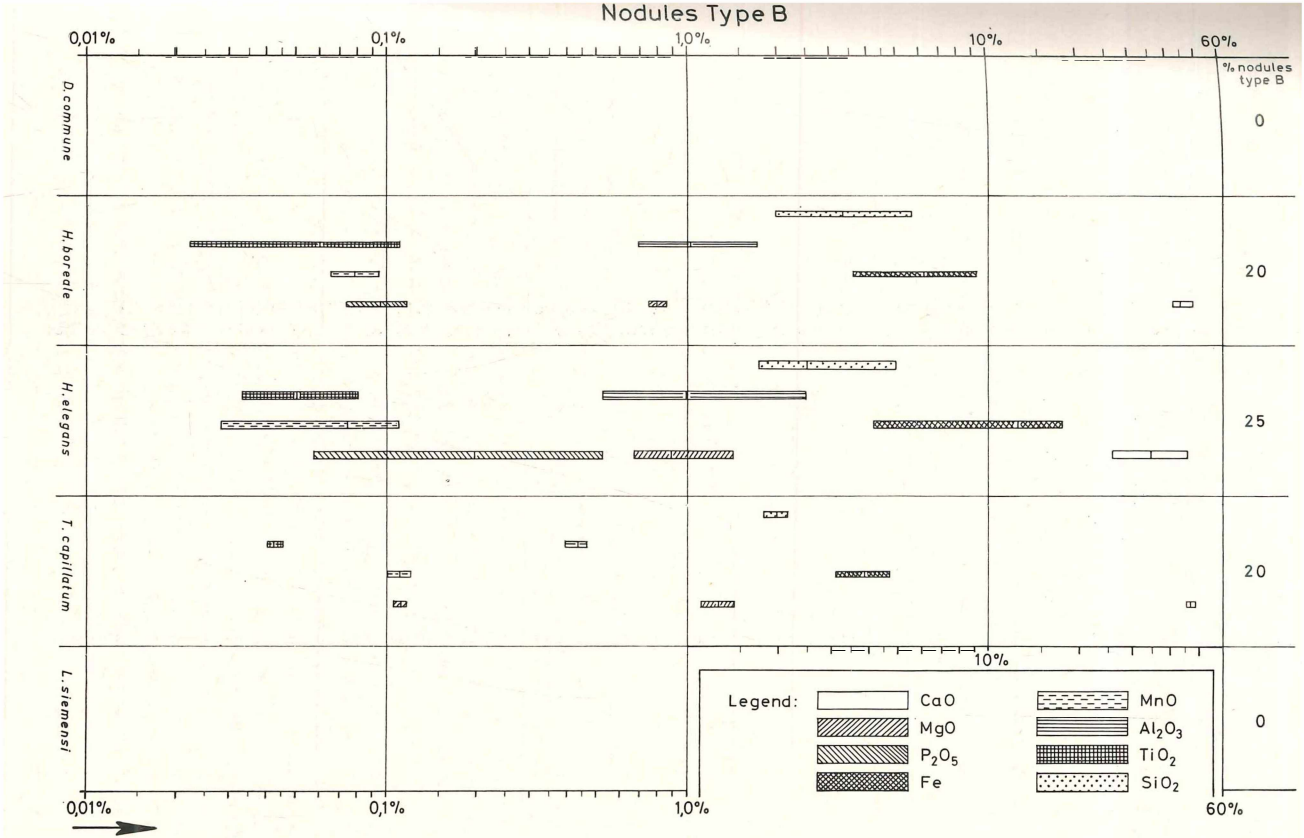


Abb. 4: Zusammensetzung der Geoden des Typs A (eisenarm) bzw. Typs B (eisenreich) in logarithmischer Darstellung, basierend auf Sammlungsmaterial. Angegeben ist jeweils der Schwankungsbereich des Gehalts und der Mittelwert.
Die Anteile der Geoden von Typ A bzw. Typ B an der Gesamtheit der Geoden in einer Lage wird durch die Stärke des jeweiligen Balkens angedeutet (Breite 4 mm ≙ 100%).

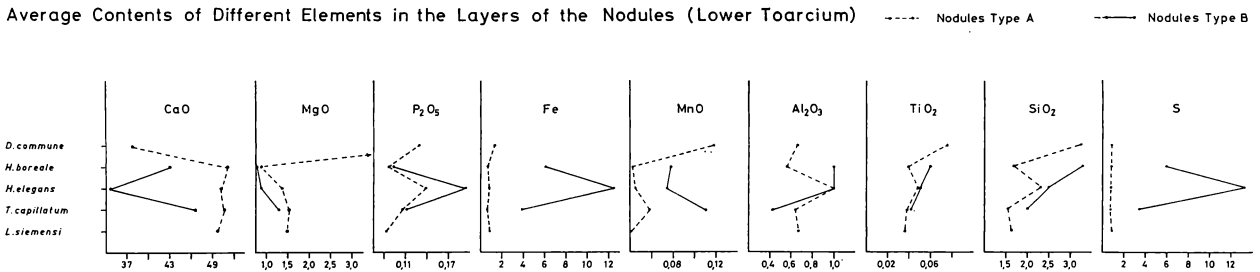


Abb. 5: Durchschnittsgehalte in % (Mittelwerte in Abb. 4) von verschiedenen Elementen in den Geoden-Lagen des Unteren Toarcium, basierend auf Sammlungsmaterial (Gestrichelt: Geoden-Typ A; durchgezogen: Geoden-Typ B)

commune-Bank: Die Proben aus der *commune*-Bank zeigen nur geringe Schwankungen in ihrer Zusammensetzung. Sie gehören zum Typ A, d. h. sie sind eisenarm. Das Eisen erscheint vor allem in karbonatischer Bindung, der Pyrit-Gehalt ist unbedeutend. Die auffälligste Besonderheit dieser Proben ist die Tatsache, daß ein Teil des CaO durch MgO ersetzt ist, mit anderen Worten, die Proben aus der *commune*-Bank sind dolomitisiert. Überdies sind die SiO_2-Gehalte recht hoch, höher als in den Geoden der vier Geoden-Horizonte.

Die Ergebnisse der Untersuchung erlauben bereits beim jetzigen Stande in gewissem Umfang eine praktische Anwendung: die chemische Untersuchung kann zur stratigraphischen Einstufung herangezogen werden, wenn bestimmbare Fossilreste nicht enthalten sind. Voraussetzung ist, daß mehrere Geoden aus einer Lage zur Untersuchung zur Verfügung stehen. Die sichere Einstufung einer Einzelgeode aufgrund chemischer Untersuchungen ist bisher nicht möglich; die chemischen Unterschiede zwischen den Geoden-Lagen sind entsprechend den sich nur langsam ändernden Bildungsbedingungen zu gering.

2.3. Bildungsbedingungen der Geoden

Wenn wir die Unterschiede der Zusammensetzung der Geoden der vier Geoden-Lagen und der Proben aus der *commune*-Bank vergleichen, können wir einige Schlußfolgerungen über die Milieu-Änderungen im Laufe der etwa zwei Millionen Jahre ziehen:

In der *tenuicostatum*-Zone waren die Verhältnisse recht konstant, sowohl hinsichtlich der zur Sedimentation gelangenden Stoffe, als auch hinsichtlich der Bedingungen der Ablagerung und der Geoden-Bildung. Im höheren Teil der *tenuicostatum*-Zone ist gelegentlich ein erhöhter Schwefel-Gehalt festzustellen; dies ist wahrscheinlich auf höhere Anteile von sich zersetzendem organischem Material zurückzuführen. Diese Zersetzung führt zu einer Sulfid-Bildung und als deren Folge zur Festlegung der äquivalenten Menge Eisen, die sonst nicht in den Geoden gebunden worden wäre.

Die *falcifer*-Zone beginnt mit lokal hohen Sulfid-Konzentrationen im chemischen Milieu der Geoden-Bildung, was ebenfalls auf hohe Gehalte an sich zersetzendem organischen Material zurückgeführt werden kann. Infolgedessen finden wir Geoden, die reich an Eisen, d. h. an Pyrit sind. Die meisten anderen Elemente werden durch dieses spezielle Milieu nicht beeinflußt, außer denen, die mit Eisen-Sulfid mitgefällt werden können. Vom vorliegenden Geodenmaterial, welches nicht unbedingt einen repräsentativen Querschnitt darstellen muß, gehört über ein Viertel zu den eisenreichen Geoden, d. h. zu den Geoden des Typs B. Im oberen Teil der *falcifer*-Zone nimmt der Sulfid-Gehalt wieder ab und damit der Anteil an Geoden des Typs B, die ihrerseits auch Pyrit-ärmer sind. Das Pyrit-Maximum liegt in den Geoden der *elegans*-Subzone, wenn man den untersuchten Bereich des Unteren Toarcium betrachtet.

Die Sedimentations-Bedingungen haben sich bis zum Beginn der Ablagerung der *commune*-Bank stärker geändert (höheres Unter-Toarcium). Es bilden sich nicht mehr karbonatische Geoden in toniger Umgebung, sondern ein sehr sulfid-armer Kalkstein. Das Eisen wird daher vornehmlich in den Kalzit eingebaut und nur noch in geringem Maße als Pyrit festgelegt. Überdies liegt der MgO-Gehalt recht gleichmäßig bei 11 %, d. h. 5- bis 15mal höher als in den Geoden. Im übrigen entspricht der Kalk der *commune*-Bank in seiner Zusammensetzung etwa dem der Geoden des Typs A.

Bei einem Vergleich der Untersuchungsergebnisse der Geoden des Unteren Toarcium und der Proben aus der *commune*-Bank ergibt sich: Alle typischen Änderungen des chemischen Milieus kann man verfolgen an den Gehalten von CaO, MgO, Fe und S. Der Gehalt an den anderen Elementen hängt von dem der vorherrschenden Geoden-Minerale ab und wahrscheinlich auch vom Angebot: Einige sind dem vorherrschenden Karbonat-Mineral Kalzit proportional, einige dem Pyrit, und einige sind vornehmlich in detritischen oder neu gebildeten Mineralen gebunden (in Silikaten, Phosphaten usw.). — Weitere Untersuchungen sollen die Spurenelement-Bestimmungen der untersuchten Geoden ergänzen und Aufschlüsse geben über die organische Substanz in den Geoden.

Einige Untersuchungen an Geoden des gleichen stratigraphischen Alters sowohl von anderen Teilen Nordwest-Deutschlands als auch von anderen Ländern ergaben Werte innerhalb der für die vier Geoden-Lagen aus dem Harzvorland gefundenen Schwankungsbereiche für die Geoden-Typen A und B. Nur für SiO_2, TiO_2 und P_2O_5 wurden gelegentlich abweichende (meist höhere) Werte gefunden.

Um die Anwendbarkeit unserer Befunde auf ein größeres Gebiet zu prüfen, sind weitere Arbeiten geplant. Vor allem sollen die aus Sammlungsmaterial gewonnenen Ergebnisse durch Analysen an quantitativ repräsentativen Aufsammlungen ergänzt werden. Außerdem wollen wir die durch die praktische Frage der stratigraphischen Einstufung angeregte Untersuchung auf mehr genetische Probleme ausdehnen: Materialzufuhr während der Sedimentation (einschließlich organische Substanz), chemisches Milieu der Geoden-Bildung und den Vorgang der Geoden-Bildung selbst (einschließlich Diagenese und Einfluß des Nebengesteins).

Schrifttum

BOCK, W.: Sedimentpetrographische und feinstratigraphische Untersuchungen im oberen Lias gamma und unteren Lias delta Nordwestdeutschlands. — Diss. Univ. Kiel, 56 S., 12 Taf., Kiel 1964.

FESSER, H.: Zur Geochemie des Posidonienschiefers in Nordwestdeutschland. — Beih. geol. Jb. **58**, S. 221–286, 17 Abb., 9 Tab., Hannover 1968.

GAD, M. A., CATT, J. A., und LE RICHE, H. H.: Geochemistry of the Whitbian (Upper Lias) Sediments of the Yorkshire Coast. — Proc. Yorkshire geol. Soc. **37**, S. 105–139, 4 Abb., 7 Tab., 1 Taf., Hull 1969.

GITTINGER, K.: Geochemische Faziesuntersuchungen im Oberen Hauptmuschelkalk und

Unteren Keuper Luxemburgs. — Publ. Serv. Geol. Luxembourg **19,** 109 S., 41 Abb., Luxembourg 1969.

HOFFMANN, K.: Die Stratigraphie und Paläogeographie der bituminösen Fazies des nordwestdeutschen Oberlias (Toarcium). – Beih. geol. Jb. **58,** S. 443–498, 4 Abb., 1 Tab., 3 Taf., Hannover 1968 a.

—: Neue Ammonitenfunde aus dem tieferen Unter-Toarcium (Lias epsilon) des nördlichen Harzvorlandes und ihre feinstratigraphische Bedeutung. – Geol. Jb. **85,** S. 1–32, 5 Taf., Hannover 1968 b.

HOWARTH, M. K.: The Jurassic Period. — In: The Phanerozoic Time-Scale: A Symposium. — Quart. J. geol. Soc. London, **120 S,** S. 203–205, London 1964.

KREJCI-GRAF, K.: Geochemische Faziesdiagnostik. – Freiberg. Forschungsh. **C 224,** 80 S., 4 Tab., Leipzig 1966.

KUMM, A.: Trias und Lias. – In: KUMM, A., RIEDEL, L., und SCHOTT, W.: Das Mesozoikum in Niedersachsen. — Schriften Wirtschaftswiss. Ges. z. Studium Niedersachsens, N. F. **2,** 328 S., 79 Abb., zahlr. Tab., Oldenburg 1941.

LEHMANN, U.: Dimorphismus bei Ammoniten der Ahrensburger Lias-Geschiebe. — Paläont. Z. **40,** 1/2, S. 26–55, 11 Abb., Taf. 3, 4, Stuttgart 1966.

—: Stratigraphie und Ammonitenführung der Ahrensburger Glazial-Geschiebe aus dem Lias epsilon (= Unt. Toarcium). — Mitt. geol. Staatsinst. Hamburg **37,** S. 41–68, 1 Abb., Taf. 17–20, Hamburg 1968.

LIPPMANN, F.: Ton, Geoden und Minerale des Barrême von Hoheneggelsen. — Geol. Rundschau **43,** S. 475–503, 4 Abb., 8 Tab., Stuttgart 1955.

ROBERTS, W. M. B.: The Formation of Pyrite from Hydrated Iron Oxide in Aqueous Solutions at 20° C. – Mineral. Depos. (Berl.) **3,** S. 364–367, 1 Tab., Berlin etc. 1968.

RUCHIN, L. B.: Grundzüge der Lithologie, Lehre von den Sedimentgesteinen (Übers. aus d. Russ.). – XIII + 806 S., 304 Abb., 45 Tab., Berlin 1958.

SCHMITZ, H. H.: Untersuchungen am nordwestdeutschen Posidonienschiefer und seiner organischen Substanz. – Beih. geol. Jb. **58,** S. 1–220, 33 Abb., 47 Tab., 14 Taf., Hannover 1968.

WEDEPOHL, K. H.: Geochemische Daten von sedimentären Karbonaten und Karbonatgesteinen in ihrem faziellen und petrogenetischen Aussagewert. — Verh. Geol. B.-Anst. Wien **1970,** S. 692–705, 4 Abb., 1 Tab., Wien 1970.

WEITSCHAT, W.: Stratigraphie und Ammoniten des oberen Untertoarcium (Ober-Lias) von NW-Deutschland. – Diss. Univ. Hamburg (1971 in Arbeit).

WUNNENBERG, C.: Beiträge zur Kenntnis des Lias epsilon in der Umgebung Braunschweigs. – Jber. Ver. Naturwiss. Braunschweig, **20,** S. 56–80, 14 Abb., 1 Tab., Braunschweig 1928.

—: Zur Ausbildung des Posidonienschiefers in der Umgebung von Braunschweig mit besonderer Berücksichtigung der Fossilisation. — Neues Jb. Geol. Paläont., Monatsh., **1950,** S. 146–182, 8 Abb., Stuttgart 1950.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Berichte der Naturhistorischen Gesellschaft Hannover

Jahr/Year: 1972

Band/Volume: 116

Autor(en)/Author(s): Gundlach Heinrich, Jordan Reiner

Artikel/Article: Geochemie der Geoden des Unteren Toarcium (Lias epsilon) im südlichen Niedersachsen und ihre Aussage für Stratigraphie und Genese 81-93