

V. BIOSTRATINOMIE

Lobenlibellen und Füllstruktur bei Ceratiten

Von

Adolf Seilacher, Tübingen

Mit Tafel 43—44 und 3 Abbildungen im Text



Zusammenfassung: Lobenlibellen bilden einen augenfälligen Hinweis auf Hochkant-Einbettung. Sie sind bisher nur von Ceratiten des germanischen Muschelkalks bekannt, und zwar von solchen, die heute flach im Gestein liegen. Diese Gehäuse wurden umgelagert, als die Füllmasse schon erhärtet, das Hülsediment aber noch unverfestigt war. Die innere Struktur deutet ferner auf einen von der üblichen Vorstellung abweichenden Füllmechanismus.

Abstract: Ceratite steinkerns often preserve structures related to former burial in an upright position. Their internal fill structure does not agree with principles of ordinary sedimentation.

Die vorliegende kleine Festgabe befaßt sich mit der Lobenlinie der Ammonoidea, deren hoher systematischer und phylogenetischer Wert in den Arbeiten von O. H. Schindewolf so eindringlich vor Augen tritt. Der Blickrichtung des Autors entsprechend soll die Sutur jedoch weder als Träger stammesgeschichtlicher Tradition, noch als funktionsbezogene Struktur, sondern einmal als Gegenstand postmortaler Vorgänge betrachtet werden.

A. Lobenlibellen

Die folgenden Überlegungen wurden ausgelöst durch einen Ceratiten-Steinkern aus dem Hauptmuschelkalk von Lauffen, den mir der Finder, Oberforstmeister a.D. Dr. h.c. Otto Linck (Güglingen) wegen einiger Merkwürdigkeiten zur Begutachtung übersandte. Dieses Stück trägt auf jeder Flanke zwei Reihen von Löchern, welche denen der Gegenflanke genau gegenüberliegen.

Der anfängliche Verdacht, es handle sich um ein Gegenstück zu dem bekannten Mosasaurier-Biß in einem Ammoniten-Gehäuse (KAUFFMANN & KESLING 1960), wurde dadurch verstärkt, daß dem Ceratiten aufsiedelnde Muscheln (*Placunopsis*) an den Bißstellen zersplittert und in den Steinkern hineingedrückt erscheinen (Taf. 43, Fig. 1). Bei genauer Betrachtung zeigte sich aber, daß die vermutlichen Bißstellen stets mit bestimmten Loben-Elementen übereinstimmen. Dies gilt nicht nur für dieses, sondern auch für andere, entsprechende Stücke, wie sie in jeder größeren Ceratiten-Sammlung enthalten sind. Wir haben es also nicht mit einem Unfall, sondern mit einer spezifischen Erscheinung zu tun, die in gleicher Weise bei kleinen und großen, breit- und schmalrückigen Ceratiten verschiedenster Zonen und im norddeutschen ebenso wie im süddeutschen Hauptmuschelkalk wiederkehrt. Die wahre Natur dieser Erscheinung ergibt sich aus folgenden Besonderheiten:

- 1) Die „Bisse“ sind entweder mit gelblichem Mergel erfüllt, welcher leicht herauswittert, oder die Füllung besteht aus hartem Kalkspat. Nur im ersten Fall entstehen Löcher und sind die aufsitzenden Muscheln eingedrückt. Es handelt sich also nicht um Verletzungen des Gehäuses, sondern um Höhlungen im Steinkern.
- 2) Folgt man der Windungsspirale von der Wohnkammer aus nach innen, so liegen die „Bisse“ zunächst in den Loben und springen nach etwa $\frac{1}{3}$ Umgang auf die Sättel über. In der Übergangszone liegen sie in Loben und Sätteln, aber jeweils als schmale Schlitze auf die Außenseite der Lobenelemente verrutscht. In den Innenwindungen erfolgt der Übergang im selben Radius.

Danach kann es sich nur um Libellen handeln, welche über der Schlammfüllung in den nach oben ausgebeulten Winkeln der Septalkammern stehen geblieben sind, und zwar bei aufrecht, d.h. in Schwimmstellung eingebetteten Ceratiten. Mit diesem zusätzlichen geopetalen Merkmal verfügen wir über folgende Kriterien für die Einbettungslage von Ceratiten:

- 1) Kappung ist verursacht durch mechanischen Abtrag, Schalenbohrer oder chemische Subsolution (HOLLMANN 1964, SEILACHER 1963). Sie erfolgte stets von oben und kann sowohl leere als sediment-gefüllte Gehäuse betreffen. Sie war ferner irreparabel.
- 2) Feinschichtung der Kammerfüllungen bezeichnet die Lage des Gehäuses zur Schichtebene. Oben und Unten läßt sich nur unterscheiden, wenn die Füll-Lamellen an den Rändern aufbiegen. Solange das Füllsediment noch weich war, konnte das alte Anlagerungsgefüge bei der Umlagerung zerstört und durch neue, lagegerechte Feinschichtung ersetzt werden.

- 3) Libellen („fossile Wasserwaagen“) entstanden bei unvollständiger Füllung der Kammern. Sie sind gegenüber der Feinschichtung eindeutiger orientierbar und leichter zu erkennen, können aber ebenfalls auf eine sekundäre Einbettungslage umgestellt sein.
- 4) Innerer Versturz trat in unvollständig gefüllten Gehäusen in dem Augenblick ein, in dem die aragonitische Schale aufgelöst wurde. Er betrifft sowohl die kalzitischen Schalen-Tapeten („envelopes“ BATHURST 1964), als auch isolierte Teile der Füllmasse.
- 5) Anlösung des Steinkerns erfolgt in Richtung des Sediment-Druckes und kann je nach Art des Hüll-Sediments sowohl die Ober- wie die Unterseite betreffen. Sie gibt sich durch „doppelte Lobenlinien“ und Lösungskanten (bei tonigem Hüllsediment) oder durch stylolithische Oberflächen (im Kalk) zu erkennen.
- 6) Sackungsdeformation, sonst bei Ammonoideen eine häufige Erscheinung, ist bei Muschelkalk-Ceratiten unbekannt. Sehr frühe, wohl konkretionäre Erhärtung der Füllung scheint dafür verantwortlich zu sein.

In seltenen Fällen kann auch das stärker sackende Hüllsediment auf den Flanken des Ceratiten eine geopetale Markierung in Form von Harnischstreifen hinterlassen.

Jedes einzelne dieser Kriterien erlaubt uns, sogar an lose gesammelten Stücken die Einbettungslage nachträglich zu bestimmen. Dabei brauchen die Aussagen keineswegs übereinzustimmen, sind doch die verschiedenen geopetalen Signaturen dem Fossil in verschiedensten Abschnitten seiner postmortalen Geschichte aufgeprägt worden. Dieses Schicksal vor allem im Verzahnungsbereich von Einbettungsgeschichte und Fossilisation an einigen Beispielen zu beleuchten, wird Aufgabe der folgenden Erörterungen sein.

Einen bezeichnenden Fall illustriert das Bruchsaler Ceratiten-Pflaster, von dem größere Platten in verschiedenen Museen liegen. Wie schon früher gezeigt (SEILACHER 1963), weisen viele seiner Gehäuse eine eigentümliche Kappung auf, die zur jetzigen Flachlage in keiner Beziehung steht, vielmehr auf eine frühere Einbettung in Hochkantstellung zurückgehen muß (Abb. 1). Seinerzeit blieb die Frage offen, ob die Gehäuse bei der Umlagerung leer oder sediment-gefüllt waren, oder ob die Füllung am Ende schon erhärtet gewesen ist. Die Frage läßt sich aber beantworten, wenn man zusätzliche Lagekriterien berücksichtigt. Von den über 300 Exemplaren der Tübinger Platte zeigt bezeichnenderweise keines die beschriebenen Lobenlibellen, und bei der Göttinger und der Züricher Platte scheint es nicht anders zu sein. Wohl aber ließ sich an einem Bruchstück des Bruchsaler Pflasters — ich verdanke es der Freundlichkeit von Dr. Jörg, Karlsruhe — durch Schnitte zeigen, daß hier die Libellen auf der Flanke liegen, so wie es der jetzigen Flachlage entspricht (Taf. 43, Fig. 3.). Die Schlammfüllung war

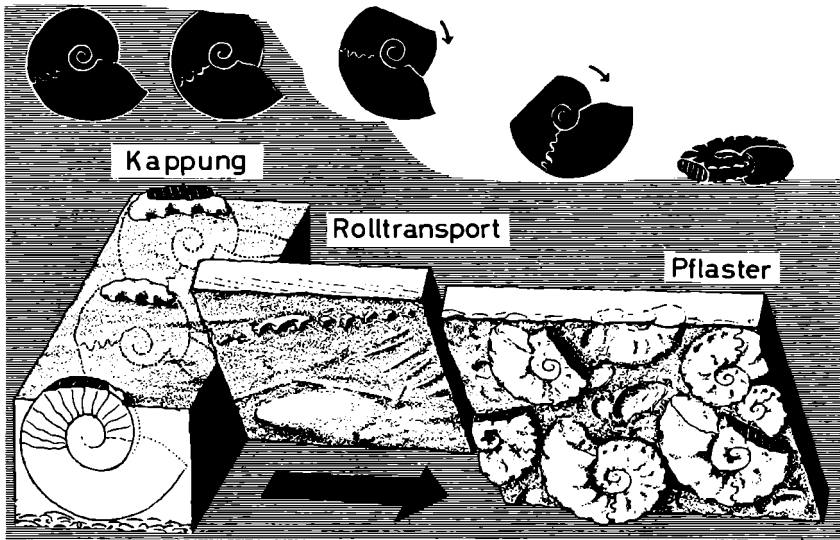


Abb. 1. Umlagerung vor der Erhärtung des Füllsediments (Beispiel: Bruchsalcer Ceratiten-Pflaster, aus SEILACHER 1963). Solange die Füllung noch weich ist, kommt es bei hochkant eingebetteten Ceratiten leicht zu einer spezifischen Kappung. Sie wird auf die sekundäre Lagerstätte vererbt, während die Füllung und ihre Libellen sich auf die neue Orientierung umstellen.

In the Muschelkalk sea, dead Ceratite shells were commonly buried in life position, but frequent erosion and redeposition rarely left them in this position. Redeposited shells lie horizontally, but they often show truncation of the top part which was exposed at the surface before reworking. Truncation seems to have been restricted to shells which were either empty, or filled with still unconsolidated and soft mud (see plate 43, fig. 3).

also entweder bei der Umlagerung noch weich genug, um sich auf die Flachlage einzustellen, oder sie ist endgültig erst in dieser Lage in das Gehäuse eingedrungen.

Bei den Ceratiten mit Lobenlibellen liegen die Verhältnisse anders. Auch sie lagen zuletzt flach im Gestein, wie aus der diagenetischen Drucklösung auf den Flanken hervorgeht (Abb. 2). Ihre Füllung war aber bei der Umlagerung bereits fest genug, um die ursprüngliche Lage in den Kammern beizubehalten. Dagegen muß das umhüllende Sediment zu diesem Zeitpunkt noch so weich gewesen sein, daß die Gehäuse leicht und vollständig freigespült werden konnten. Auch in diesem Fall erheben sich notwendig weitere Fragen: Waren etwa auch die Libellen-Hohlräume bei der Umlagerung bereits mit Kalkspat verheilt? War ferner die aragonitische Ceratiten-Schale noch vorhanden, oder betraf die Umlagerung einen nackten Steinkern?

Die zweite Frage wird durch die eingedrückten *Placunopsis*-Gehäuse beantwortet (Taf. 43, Fig. 1). Sie sind nämlich quer zur Windungsebene des Ceratiten, d. h. erst in Flachlage, eingedrückt. Sie hatten also bei der Umlagerung noch ihre aragonitische Unterlage.

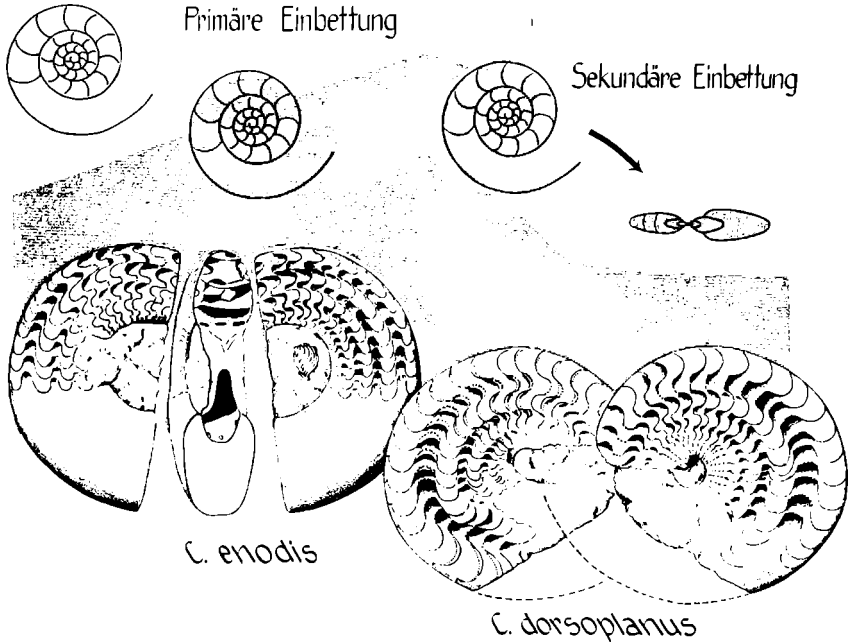


Abb. 2. Umlagerung nach Verfestigung der Füllmasse. Gehäuse mit frühdiagenetisch erhärteter Füllung werden schwerer gekappt. Dafür bleiben die alten geopetalen Gefüge der Füllung (Lobenlibellen und Feinschichtung) bei der Umlagerung erhalten, während Lösungsspuren (doppelte Lobenlinien!) der neuen Lage entsprechen. Das relativ häufige Auftreten gekippter Wasserwaagen bei verschiedensten Ceratiten beleuchtet die Sedimentations-Verhältnisse im Muschelkalkmeer. *C. enodis*: m_0 , Hainberg b. Göttingen. — *C. dorsoplanus*: m_0 , Sultener Berg b. Northeim. — (Beide Originale im Geol.-Paläontol. Inst. d. Univ. Göttingen.)

Truncated ceratites (text-fig. 1) show internal geopetal structures that correspond to their present horizontal position. Other steinkerns, such as the ones shown in this picture, have inherited lobe voids from the original vertical position. Their filling was already hardened at the time of reworking, while the sediment around was still soft enough to be washed away. For the same reason they have not suffered truncation.

Die erste Frage beantwortet ein Dünnschliff, der von Herrn F. KNOPE mit großer Sorgfalt genau durch die Sagittalebene eines Libellen-Ceratiten gelegt wurde (Abb. 3 u. Taf. 44). In ihm haben sich die kalzitischen „envelopes“ (BATHURST 1964) der Septalwände dort, wo sie nicht durch Sediment in ihrer Lage gehalten werden, voneinander und aus ihrer ursprünglichen Lage gelöst. Ihre Bruchstücke schwimmen nun frei in dem klaren Kalkspat der Libellen. Zur Zeit, da die Aragonitschalen aufgelöst wurden, waren also die Libellen noch leer. Dennoch liegen die envelope-Bruchstücke nicht als Bodensatz am Grund der Libellen (wenigstens nicht im Median-schnitt), wie man es erwarten müßte, wenn die Schalenauflösung noch in Hochkantstellung erfolgt wäre.

Ergebnis: Die Einbettung der Ceratiten erfolgte häufig noch vor dem völligen Entweichen des Gases aus dem Phragmokon, und so rasch, daß die Schwimmstellung als Einbettungslage fixiert wurde. Der raschen Einbettung entsprach aber auch häufige Aufarbeitung, bei der die Gehäuse sekundär in Horizontallage gelangten. Je nachdem, ob die Umlagerung vor oder nach der Erhärtung der Füllmasse erfolgte, hat diese sich auf die neue Lage eingestellt oder das alte Gefüge beibehalten. Die Ceratitenschale war zu diesem Zeitpunkt noch nicht aufgelöst. Nie handelt es sich um phosphorisierte Steinkerne, wie sie bei echten „Geisterfaunen“ aufzutreten pflegen.

B. Zum Mechanismus der Kammerfüllung

Es ist eine alte Streitfrage, wie detritischer Schlamm in die an sich gut versiegelten Kammern eines Ammonitengehäuses gelangen und sie schließlich vollständig ausfüllen konnte. Besondere Schwierigkeiten macht die Vorstellung bei hochkant eingebetteten Gehäusen. In diesem Fall mußte die Einbettung sehr rasch erfolgen, nämlich ehe das abgesunkene Gehäuse vollends mit Wasser vollgelaufen und umgekippt war. Dabei sollte man erwarten, daß sich die unten gelegene und weit geöffnete Wohnkammer zuerst gefüllt und damit den Siphon verstopft hätte, durch den allein Schlamm in einen unverletzten Phragmokon einzudringen vermochte. Sollte also der Kalk als Lösung in den Hohlraum gekommen und dort erst gefällt worden sein? Oder war das scheinbar intakte Gehäuse doch verletzt? Oder genügte am Ende die Porosität der angewitterten Schale, um feines Sediment auf anderem Weg als durch den Siphon in die Kammern eindringen zu lassen?

Auch in diesem Zusammenhang ist das median geschliffene Gehäuse (Abb. 3 u. Taf. 44) von Interesse, von dem wir bereits wissen, daß es sich noch in Schwimmstellung mit Sediment füllte, und dieses trotz Umlagerung die alte Lage und Struktur beibehalten hat:

1. Der Gedanke an eine chemische Ausfällung wird hier schon durch die Struktur der Füllmasse ausgeschaltet. Diese besteht aus Lagen verschiedener Körnung, wobei die Natur der Partikelchen (Detritus oder Kotpillen) nicht eindeutig festzustellen ist. Es handelt sich jedenfalls um normales, wenn gleich sehr feinkörniges Sediment.

2. Die „Schüttungsrichtung“ des Füllsediments sollte sich eigentlich im Füllungsgrad der Kammern abbilden. Kam das Material durch den Siphon, so würde man erwarten, daß die Füllung mit zunehmendem Abstand von der Wohnkammer abnimmt. Rieselte es dagegen durch eine örtliche Schalenverletzung, so müßte die unmittelbar angrenzende Kammer vollständiger als die anderen gefüllt sein. Nichts Derartiges ist zu beobachten. Vielmehr bleiben die Libellen in allen Kammern etwa gleich groß und nehmen nur in der inneren Windung einen etwas größeren Raum ein. Besonders markante Schichten, die in benachbarten Kammern in ähnlicher Lage wiederkehren, zeigen sogar eine synchrone Auffüllung an (Taf. 44).

3. Am erstaunlichsten erscheint jedoch die Konfiguration der Füll-Schichten. Statt als ebene Lagen durchzuziehen, hängen sie in glattem Bogen nach unten durch und ziehen in manchen Ecken sogar als Zwickel an die Decke hoch. Es sieht so aus, als seien sie nicht an der Grenzfläche Wasser/Sediment, sondern am Rand einer durch Oberflächenspannung gerundeten

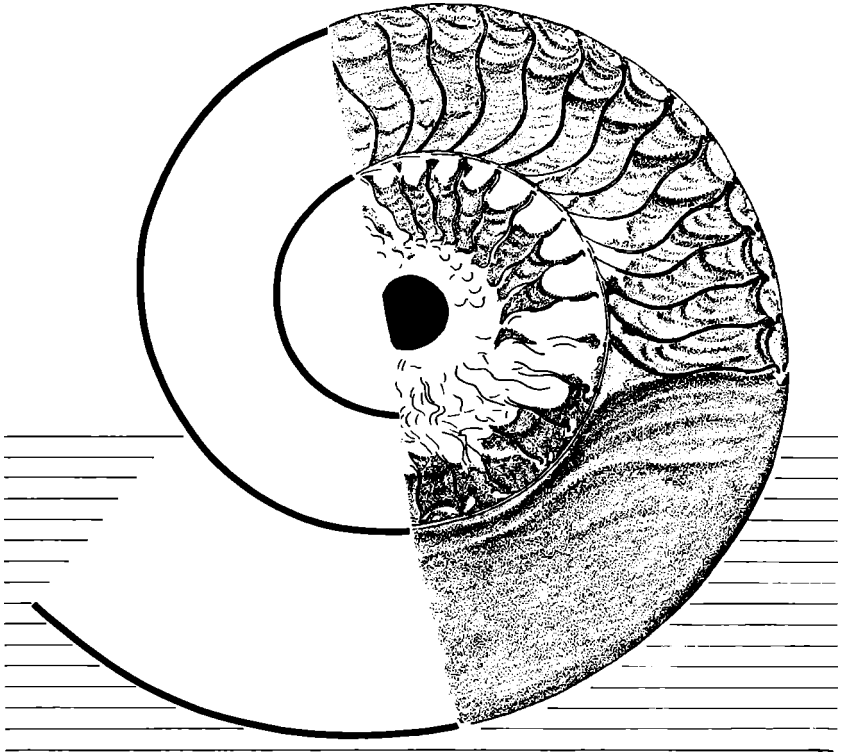


Abb. 3. Medianer Dünnschliff durch *Cerat. enodis* der Abb. 2, in der ursprünglichen Einbettungslage gezeichnet. — Siphonale Sedimentzufuhr wäre durch Verschütten der Mündung schon sehr früh unterbunden worden. Die Füllung ist wohl erst später und auf anderem Weg in die hoch gelegenen Kammern gelangt. Durchbiegen und Orientierung der Füll-Lagen widerspricht rein gravitativer Sedimentation in wassergefüllten Kammern.

The sedimentary structures inside *C. enodis* (left specimen in text fig. 2) correspond to the orientation of the lobe voids. Still it is difficult to understand how even the uppermost chambers could have become completely mud-filled before the siphuncle was blocked by the fast accumulation of sediment around. The highly curved and overhanging surfaces of the laminae pose another problem, as they disagree with principles of strictly gravitational sedimentation. Solution of the aragonitic wall seems to have occurred after redeposition, since the calcitic envelopes of the septa (inner whorl) did not fall to the floors of the voids.

Gasblase abgelagert worden. In späteren Stadien der Auffüllung hätte sich diese Blase zwischen den Mündungen der Siphonalduten ausgespannt, und zwar auch da, wo der Siphon vertikal verläuft (im Stück nahe der Wohnkammer). Hier möchte man an einen perlschnurförmig ausgebauchten Siphonalstrang denken, wenn man nicht von anderen Stücken um die wahre, röhrenförmige Gestalt des Ceratiten-Siphon wüßte. Auch die konkordante Scharung der Schichtlamellen in den oben gelegenen Kammern und die trotz abweichender Größe und Lage ähnliche Umrandung bei den Libellen der inneren Windung spricht im übrigen gegen eine solche Deutung. Eine einfache und plausible Erklärung kann für diese Befunde noch nicht gegeben werden. Wir müssen uns darauf beschränken, die Widersprüche zu gängigen Vorstellungen aufzuzeigen.

4. Ein erhebliches Problem stellt die Zufuhr des Füllsediments dar. Auf die gleichmäßige Füllung der Kammern wurde bereits hingewiesen. Ganz abgesehen davon ist schwer vorstellbar, wie sich fast der ganze Phragmokon hätte mit Schlamm füllen können, bevor noch die Mündung vom Sediment zugedeckt und damit auch der Siphon blockiert war (Abb. 3).

5. Problematisch bleibt ferner der Mechanismus der Auffüllung selber. Sie erfolgte weitgehend unabhängig von der Schwerkraft, besonders in den engen Winkeln des Internlobus und der Siphonalregion. Niederschlag um eine Gasblase würde zu dem beobachteten Ablagerungsgefüge besser passen als Sedimentfall aus einer ganz mit Wasser gefüllten Kammer. Eine randständige Gasblase hätte aber ebenfalls den Siphon verstopft und von der Sedimentzufuhr ausgeschaltet.

Ähnliche Füllstrukturen wurden im übrigen auch in heute noch vertikal stehenden Ceratiten beobachtet. Es handelt sich also jedenfalls um eine generelle Erscheinung, deren weitere Aufklärung wir nur von zusätzlichen Beobachtungen und geeigneten Experimenten erhoffen können.

Ergebnis: Wo Lobenlibellen auftreten, ist auch das innere Gefüge des Steinkerns noch der ursprünglichen Hochkantstellung zugeordnet. Diese Stellung, sowie die gleichmäßige Verteilung der Füllmasse ist mit Sediment-Zufuhr durch den Siphon oder durch Löcher in der Schale schwer vereinbar. Wölbung und Orientierung der einzelnen Lagen widersprechen ferner einer rein gravitativen Verfüllung.

Literatur

- BATHURST, G. C.: The Replacement of Aragonite by Calcite in the Molluscan Shell Wall. — Approaches to Palaeoecology. 357—376, 1 Abb., 4 Taf., New York—London—Sydney (John Wiley and Sons) 1964.
- HOLLMANN, R.: Subsolutions-Fragmente. (Zur Biostratigraphie der Ammonoidea im Malm des Monte Baldo/Norditalien). — N. Jb. Geol. Paläont., Abh., **119**, 22—82, 7 Abb., Taf. 7—10, Stuttgart 1964.
- KAUFFMANN, E. G. & KESLING, R. V.: An Upper Cretaceous Ammonite Bitten by a Mosasaur. — Contr. Mus. Paleont. Univ. Michigan, **15**, 193—248, 1960.
- SEILACHER, A.: Umlagerung und Rolltransport von Cephalopoden-Gehäusen. — N. Jb. Geol. Paläont., Mh., 1963, 593—615, 9 Abb., Stuttgart 1963.

WENGER, R.: Die germanischen Ceratiten. — *Palacontographica*, (A) **108**, Lief. 1—4, 57—129, 44 Abb., Taf. 8—20, Stuttgart 1957.

Bei der Schriftleitung eingegangen am 10. Oktober 1965.

Anschrift des Verfassers:

Prof. Dr. A. SEILACHER, Geol.-Paläont. Institut d. Universität, 74 Tübingen, Sigwartstr. 10

Tafelerklärungen

Tafel 43

Fig. 1: Sedimentdruck quer zum Gehäuse hat aufsiedelnde Muscheln (*Placimopsis*) in die Lobenlibellen hineingepreßt. Diese waren also bei der Umlagerung noch von der aragonitischen Ceratiten-Schale überdacht. — (*C. nodosus*, m₀, Lauffen am Neckar; leg. O. LINCK. 3/4.)

The lobe voids have formed while the shell was still in an upright position, but their shell roofs, and the oyster coatings, have collapsed in the secondary horizontal position. Probably the dissolving of the aragonitic shell has caused this collapse.

Fig. 2: Die aus den Lobenlibellen ableitbare primäre Einbettungslage entspricht ziemlich genau der Schwimmstellung eines Ceratiten. Die Einbettung muß also rascher erfolgt sein, als das Gas vollends aus den Kammern entwich. Es ist schwer vorstellbar, daß die Verfüllung der Kammern mit Sediment damit synchron abließ. Drucklösung in der sekundären Flachlage ließ die Kalzitfüllung der Libellen heraustreten. (Links: Unt. Tonplatten, m₀, Emmerke; Geol.-Paläontol. Inst. d. Univ. Göttingen, 2/3. — Rechts: *C. armatus* cf. *postseckeri* ROTHE, Enodis-Zone, Stuttgart-Münster; Geol.-Paläontol. Inst. d. Univ. Tübingen, Ce 1067/4, Orig. WENGER 1957; Taf. 11, Fig. 4; 2/3.)

The attitude of the shell at its primary burial, as indicated by lobe voids, corresponds to the supposed attitude of the living ceratite, which was maintained for some time after death by the buoyancy of the gas chambers. Sedimentation must have been fast enough to hold the shell in this position.

The drusy lobe voids of the specimen on the left protrude over the shell surface because of their higher resistance against pressure solution that affected the shell in its final, horizontal position.

Fig. 3: Die Libellen in den umgelagerten Gehäusen des Bruchsaler Ceratiten-Pflasters entsprechen der jetzigen Einbettungslage (Schnitte durch eine von Dr. JÖRG, Karlsruhe, zur Verfügung gestellte Platte, jetzt Geol.-Paläontol. Inst. Tübingen, 2/3).

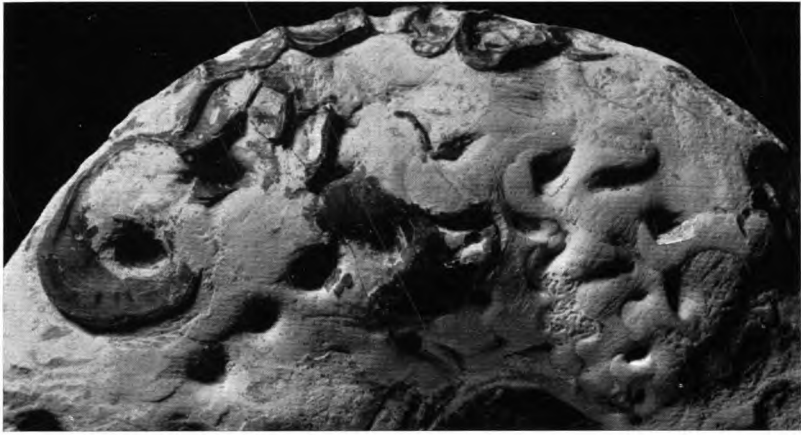
Voids in the Bruchsal ceratites (see text fig. 1), unlike the truncation, correspond to the present position of the shells. The mud was still soft at the time of redeposition.

Tafel 44

Medianer Dünnschliff und benachbarter Anschliff durch *C. enodis* von Göttingen (vgl. Abb. 2 u. 3). 3/2.

Two sagittal sections of *C. enodis* (see text fig. 2 and 3).

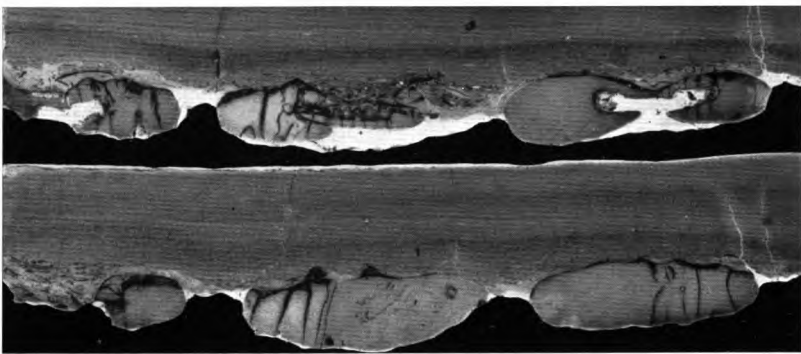
Alle Photos von W. Wetzcel.



1



2



3

A. Seilacher: Lobenlinien und Füllstruktur bei Ceratiten.



A. Seilacher : Lobenlinien und Füllstruktur bei Ceratiten.