

Ein Fund von Seeigeln der Gattung *Diademopsis* aus dem Hettangium Württembergs und ihr Lebensraum

Von Gert Bloos, Ludwigsburg

Mit 3 Tafeln und 3 Abbildungen im Text

Herrn Dr. Karl Staesche zum 70. Geburtstag gewidmet

Zusammenfassung

Beschrieben wird eine Gruppe von Seeigeln (*Diademopsis helvetica* TORNQUIST), die sich im Oberhettangium des westlichen Württembergs innerhalb einer Wechsellagerung Tonstein/Siltstein gefunden hat. Die Tiere waren kurz nach ihrem Tod in einer flachen Kolkform zusammengeschwemmt worden; die Einbettung der Kadaver vollzog sich in diskontinuierlichen Schritten während ihres Zerfalls. An den Zerfallsstadien der jeweils eingebetteten Teile läßt sich der zeitliche Abstand der Sedimentbewegungen abschätzen.

Der Lebensraum: Wenig bewegtes Wasser von weniger als 50 m Tiefe; stärkere Wasserbewegung nur episodisch (Stürme), verbunden mit Erosion und Sedimentation. Keine Begleitfauna, fast keine Bioturbation, ein Hinweis auf wenig günstige ökologische Verhältnisse in ruhigem Wasser.

Die Seltenheit von Echinodermenskeletten auch bei Häufigkeit von Skelettelementen in vielen Flachseesedimenten wird diskutiert. Es wird gezeigt, daß in diesen Fällen lebende Exemplare nicht sehr häufig überschüttet worden sein können. Möglicher Grund: Die sturmbedingte Aufarbeitung vor jeder starken Sedimentation und die geringe Sinkgeschwindigkeit der Echinodermen.

Summary

An accumulation of echinids (*Diademopsis helvetica* TORNQUIST), found in interbedded shales and thin siltstones of the Upper Hettangian (Lower Lias) of the inner part of the South German Basin is the object of the paper. The specimens were swept together a short time after death into a small erosional cut and covered by sediment in discontinuous acts during their decomposition. According to the different stages of disintegration of the successively embedded parts the time between the acts of sediment movement can be estimated.

The environment: Low energy conditions, high water activity and sediment movement only episodically (during storms), water shallower than 50 m. Poverty of fauna (no other body fossils, sparse bioturbation) points to unfavourable ecological conditions in quiet water.

The rarity of articulated echinoderm skeletons in spite of abundant skeletal elements in many shallow marine sediments is discussed. It is pointed out that in the corresponding sedimentary environments living specimens could not be covered by sediment very often. The probable cause: In shallow seas strong sedimentation normally occurs only after storms. The animals are suspended during the climax of the storm and return to the bottom late or not articulated at all because of their low settling velocity. Covering by sediments in this environment therefore requires particular conditions.

I n h a l t		Seite
1. Einleitung		2
2. Fundbeschreibung		2
2.1 Fundhorizont		2
2.2 Einbettung und Erhaltung		4
2.3 Morphologie und Systematik		5
3. Lebensraum		7
3.1 Einbettungsgeschichte		7
3.2 Hydrographie		11
3.3 Ökologie		13
3.4 Bedingungen und Wahrscheinlichkeit der Erhaltung		15
Literatur		17

1. Einleitung

Disartikulierte Skelettelemente von Echiniden gehören zu den häufigsten Fossilien des Hettangiums in Württemberg; dagegen haben sich ganze Individuen nur außerordentlich selten erhalten. In der Literatur sind bis jetzt nur zwei Funde bekannt: *Hemipedina parvula* TORNQUIST aus Tonen des obersten Oberhettangiums von Stuttgart-Vaihingen (TORNQUIST 1908) und *Miocidaris* sp. aus einer Tonlinse in der grobklastischen Lias-Basisbank Ostwürttembergs (ROSENKRANZ 1971). Zwei schlecht erhaltene, nicht beschriebene Exemplare von *Miocidaris* sp. mit anhaftenden Stacheln aus einem Sandstein des Unterhettangiums von Ostwürttemberg befinden sich im Staatlichen Museum für Naturkunde in Stuttgart.

2. Fundbeschreibung

2.1 Fundhorizont

Stratigraphie

Der Fundpunkt liegt im Schönbuch, 9 km NNE von Tübingen, an der Straße von Dettenhausen nach Pfrondorf (Meßtischblatt 4720 Tübingen, Rechtswert: 35 07 970, Hochwert: 53 84 120). Beim Ausbau dieser Straße im Jahr 1966 wurde am Eckberg, ca. 1 km S Dettenhausen, ein tiefer Einschnitt angelegt, der das gesamte Hettangium (Lias alpha 1 und 2) vorzüglich erschlossen hat.

Die Schichtfolge des Hettangiums besteht hier ganz überwiegend aus Tonstein mit wechselnden Siltgehalten, in den einzelne Schalenrümmerbänke eingeschaltet sind. Von den zahlreichen Sandsteinhorizonten weiter östlich reicht nur ein geringmächtiger Ausläufer des Hauptsandsteins („Angulatensandstein“ im engeren Sinn) hierher.

Die Fundschicht liegt im oberen Drittel der hier 10,7 m mächtigen Schlotheimien-schichten; sie besteht aus einer 90 cm mächtigen Wechselfolge von Tonstein und dünnen Sandsteinplättchen. Sie wird überlagert von dem eben erwähnten Ausläufer des Hauptsandsteins, einer Bank festen gelben Sandsteins, der aus eben bis flachwellig laminiertem Grobsilt besteht. Sie wird unterlagert von einer mergeligen, wühlentschichteten Kalksiltsteinbank mit viel feinem Bruchschill (Abb. 1).

Lithologie

T o n s t e i n hat den Hauptanteil am Aufbau der Fundschicht inne. Er ist frisch mittelgrau, verwittert graugelb und führt Silt in wechselnden Gehalten; er zerfällt scherbis bis blättrig. Makrofossilien fanden sich nicht.

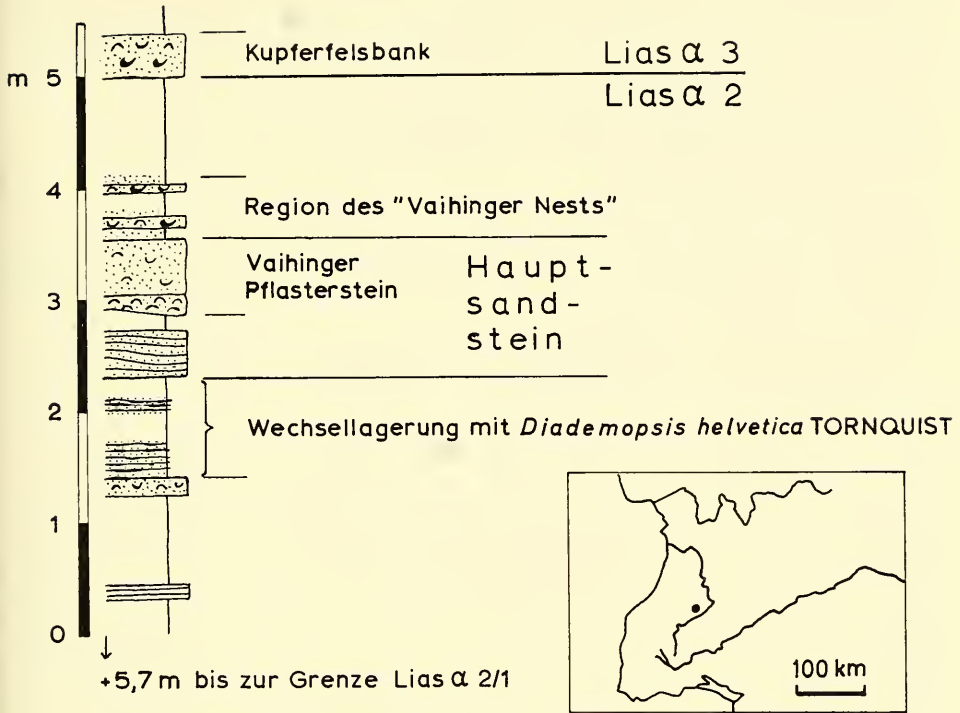


Abb. 1. Stratigraphische und geographische Lage des Seeigel-Fundes (s. Text).

Stratigraphic position of the Upper Hettangian (Lias alpha 2) beds with *D. helvetica* in the road cut 1 km S of Dettenhausen near Tübingen. Inset: situation within South Germany.

In den Tonstein ist eine Anzahl olivfarbener, harter Siltsteinplättchen eingeschaltet, deren Dicke meist unter 1 cm liegt. Die Plättchen bestehen aus glimmerreichem Grobsilt; der Glimmergehalt ist lagenweise erhöht, z. T. nimmt er nach oben zu. Der Porenraum enthält Limonit als Verwitterungsprodukt diagenetischer Eisenminerale, sowie Ton. Anzeichen stärkerer Einkieselung fehlen. Ursprünglich wohl vorhandenes karbonatisches Bindemittel ist durch Verwitterung herausgelöst.

Die Plättchen zeigen ebene oder flach einfallende Feinschichtung. Sie lassen sich nach der Seite zum Teil über viele Meter verfolgen, wobei sie in ihrer Mächtigkeit schwanken und streckenweise auch auskeilen können. Die Mächtigkeitsschwankungen beruhen in erster Linie auf ungleichmäßig welliger Sedimentation in der bewegten See, hinzu kommt ein sehr flaches Relief der Tonunterlage, und schließlich können die Plättchen partiell wieder abgetragen sein, wobei die Erosion von Ort zu Ort ungleich tief eingegriffen hat.

Begleitfauna

Körperfossilien fanden sich, abgesehen von der Seeigelgruppe selber, in den Siltsteinplättchen nicht. Diese müßten, wie die Seeigel, als Lösungshohlraum erhalten sein.

Wühlgefüge sind in den Schichten nur spärlich vorhanden. An der Unterseite der Plättchen zeigen sich vereinzelt, meist nicht näher bestimmbar Lebensspuren, in ihrem Innern einzelne Verformungswühlgefüge und zuweilen dünne, verzweigte Gangsysteme vom Typ *Chondrites*.

Verglichen mit anderen Schichten des Hettangiums im selben Profil ist der Fundhorizont nur dünn besiedelt gewesen von einer artenarmen Fauna (s. Kap. 3.3).

2.2 Einbettung und Erhaltung

Die Seeigel fanden sich in einer rinnenförmigen Kolkform von ca. 20 cm Breite und bis 3 cm Tiefe. Die Form war im Ton angelegt und mit dem Silt des hangenden Plättchens ausgefüllt. Die Feinschichten der Füllung sind den Kolkwänden nicht konkordant angelagert, sondern stoßen diskordant von ihnen ab (Taf. 1, Fig. 1a).

Beim Abheben der Siltsteinfüllung blieb an der Unterfläche eine ca. 1 mm dicke Tonsteinschicht hängen, auf der sich eine Anzahl kreisrunder Vertiefungen von 2 bis 3 cm Durchmesser zeigte. Bei der Präparation erschienen in diesem Tonstein zunächst — über die Fläche verteilt — rinnenparallel eingeregelt Stacheln, in den Vertiefungen aber, ebenfalls noch im Tonstein, Abdrücke flachgedrückter Seeigel (Taf. 1, Fig. 1b). Die kalkigen Hartteile waren durch Verwitterung aufgelöst bis auf wenige Stachelrelikte und z. T. noch als Hohlräume, sonst als Abdruck erhalten. Mund- bzw. (bei Einbettung in inverser Lage) Afterfeld waren noch vorhanden, ebenso der Kauapparat, der jedoch wegen seiner Hohlräumhaltung nicht gut freipräpariert werden konnte (Taf. 1, Fig. 2). Daneben fanden sich einzelne Teile des jeweils gegenüberliegenden Feldes (z. B. eine fragliche Madreporenplatte: Taf. 1, Fig. 2). Außer ganzen Seeigeln wurden auch Coronen-Bruchstücke freigelegt.

Bei der weiteren Präparation wurde die Tonfüllung des Panzers mitsamt dem Abdruck abgehoben bis an die Grenze zum Siltstein. Es zeigte sich, daß sich die Coronen und vereinzelt auch Stacheln und Coronen-Bruchstücke als Lösungshohlraum in den Siltstein hinein fortsetzen, daß also die Grenze zwischen beiden Sedimenten durch die Seeigel hindurch verläuft. Wie die Tafeln 1 und 2 zeigen, blieben die im Siltstein eingebetteten Teile unverdrückt. Der Abdruck der Innenseite der Coronen ist auf der Siltausfüllung des Lumens erhalten (Taf. 1, Fig. 1a), der Abdruck der Außenseite im überdeckenden Silt (Taf. 2, Fig. 1 u. 2).

Auf den geborgenen Bruchstücken der Kolkausfüllung fanden sich neun vollständige Coronen und drei Coronen-Bruchstücke; Reste anderer Echinodermen fehlten. Die Coronen lagen bis auf zwei Ausnahmen in ihrer stabilsten Lage, auf dem Mundfeld (Taf. 1 und 2); zwei Coronen lagen auf dem Afterfeld (Taf. 2, Fig. 2). Seitenlagen wurden nicht beobachtet. Auch die Fragmente waren in die stabilste Lage — „gewölbt oben“ — eingekippt, zwei waren einer Corona angelagert (Taf. 1, Fig. 1b; Taf. 2, Fig. 2).

Stacheln hafteten den Coronen nicht mehr an, weder den im Tonstein, noch den im Siltstein eingebetteten Teilen. Im Strömungsschatten der Coronen waren Stacheln mehr oder minder deutlich konzentriert (Taf. 1, Fig. 1b); ob diese von den betreffenden Exemplaren stammen, ließ sich nicht mit Sicherheit feststellen. Apikal- bzw. — bei inverser Lage — Peristomfeld mit Kauapparat fehlten an dem in den Siltstein aufragenden Teil der Seeigel stets (Taf. 2, Fig. 1 und 2); sie waren zerfallen und in das Lumen abgesunken, wo sie bei der Präparation, wie oben vermerkt, z. T. noch gefunden wurden. Ein Teil der Coronen war noch vollständig, andere befanden sich im Zustand beginnenden Zerfalls; bei ihnen waren Platten vom apikalen Rand her

abgefallen. Auf die aus Einbettung und Erhaltung ablesbare Einbettungsgeschichte wird weiter unten eingegangen (s. Kap. 3.1).

2.3 Morphologie und Systematik

Da die Seeigel jeweils nur zur Hälfte unverdrückt erhalten sind, ließ sich ihre volle Gestalt nur durch Kombination mehrerer, in verschiedener Lage eingebetteter Exemplare rekonstruieren (Abb. 2). Die Skulptur ist im Siltstein bis in feine Details erhalten (Taf. 3, Fig. 1); durch die unterschiedliche Lage der Stücke ist sie sowohl von der Ober- wie auch der Unterseite bekannt. Damit ist eine nähere Bestimmung möglich.

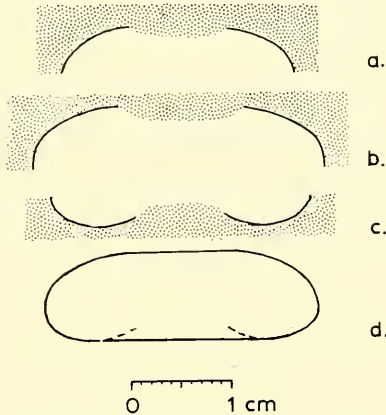


Abb. 2. Rekonstruktion der ursprünglichen Gestalt der Seeigel (d) durch Kombination der im Silt unverdrückt erhaltenen Teile mehrerer in verschiedener Lage eingebetteter Exemplare (a—c).

a: Taf. 2, Fig. 1, rechtes Ex., b: linkes Ex.

c: Taf. 2, Fig. 2, großes Ex. (hier in Lebendstellung gedreht).

Ausgezogene Linien: Außenabdruck der Corona.

Punktiert: Siltstein; die Siltfüllung des Lumens ist weggelassen.

Reconstruction of the shape of the corona (d) according to the external moulds of the undistorted parts of different specimens in the siltstone (a—c). a: pl. 2, fig. 1, right specimen, b: left specimen. c: pl. 2, fig. 2, big specimen (here turned over in life position).

Black drawn: impression of the coronae.

Dots: siltstone (the silt filling of the internal cavity is omitted).

Familie: Pedinidae POMEL 1883

Gattung: *Diademopsis* DESOR 1858

Typus-Art: *Echinus serialis* L. AGASSIZ 1840

Diademopsis helvetica TORNQUIST 1908

Taf. 1—3

* 1908 *Diademopsis helvetica*. — TORNQUIST, Diadematoïden, S. 420—421, Taf. XVII, Fig. 3—4.

Beschreibung

Es handelt sich um reguläre Seeigel mit abgeflachter Gestalt; die Abflachung nimmt mit dem Durchmesser zu. Der Durchmesser der Coronen liegt zwischen 21

und 32 mm, er konnte an sechs Exemplaren bestimmt werden:

1. (Taf. 1, Fig. 2, linkes Ex.): 21 mm
2. (Taf. 1, Fig. 2, rechtes Ex.): 24 mm
3. (Taf. 2, Fig. 1, linkes Ex.): 29 mm
4. (Taf. 2, Fig. 1, rechtes Ex.): 23 mm
5. (Taf. 2, Fig. 2, großes Ex.): 26 mm
6. (nicht abgebildet): 32 mm

Auf Grund der Erhaltung liegt der gemessene Durchmesser z. T. geringfügig über oder unter dem Ambitus, die Abweichung fällt aber kaum ins Gewicht.

Die Ambulacralfelder sind wesentlich schmaler als die Interambulacralfelder und werden durch zwei gerade Reihen von Porenpaaren begrenzt; lediglich nahe dem Peristom bilden je drei Porenpaare einen schwachen Bogen (Taf. 2, Fig. 2; Taf. 3, Fig. 1). Die Porenpaare stehen leicht schräg; einander gegenüberliegende Porenpaare konvergieren gegen das Peristom in stumpfem Winkel. Die Ambulacraltafeln setzen sich auf der Unterseite aus je drei Primärtäfelchen zusammen; jedes dritte Primärtäfelchen trägt eine Hauptstachelwarze (Taf. 3, Fig. 1). Die Zahl der Stachelwarzen in einer Reihe beträgt 12–13. Die Warzenhöfe der Hauptstachelwarzen sind sehr groß und lassen für Miliarwarzen nur wenig Raum.

Die Interambulacraltafeln sind niedrig und breit; ihre Zahl in einer Reihe beträgt 11–12. Sie tragen je eine Hauptstachelwarze, die aus der Mitte etwas adambulacral verschoben liegt. Am Ambitus und auf der Unterseite liegt abambulacral eine weitere Reihe von Stachelwarzen, die an Größe den Hauptstachelwarzen kaum nachstehen, häufig gleichkommen; sie fehlen auf der Oberseite. Die Warzenhöfe beider Warzenreihen sind wie auf den Ambulacralfeldern sehr groß; sie nehmen meist die ganze Höhe der Tafeln ein. Für Miliarwarzen bleibt nur wenig Raum; diese sind überdies nur locker gestreut. — Alle Platten der Corona grenzen mit senkrechten Flächen aneinander, nirgends überlappen sie sich dachziegelartig (Taf. 3, Fig. 1).

Die Warzenköpfe sind durchbohrt und glatt (Taf. 3, Fig. 1). Die Stacheln sind lang und dünn und tragen eine feine Längsriefung; sie besitzen keinen Hals. Nicht ganz aufgelöste Stacheln waren nicht hohl; ob auch primär hohle vorkommen, ließ sich nicht feststellen.

Eine nähere Beschreibung von Apikal- und Peristomfeld ist wegen der wenig guten Erhaltung im Ton nicht möglich. Für die systematische Einordnung genügen jedoch die Merkmale von Corona und Stacheln.

Bestimmung

Die Ausbildung der Stacheln und der Warzenköpfe weist die Seeigel in die Familie Pedinidae POMEL. Die der Gattung *Diademopsis* eigentümlichen Merkmale sind vorhanden (vgl. MORTENSEN 1940, 84; FELL 1966, U 357).

Von den meisten Arten dieser Gattung unterscheidet sich die vorliegende Form durch die ungewöhnlich großen Warzenhöfe, die locker gestreuten Miliarwarzen und die im Verhältnis zur Zahl der Interambulacraltafeln geringe Anzahl von Ambulacraltafeln in einer Reihe. Die beste Übereinstimmung besteht mit *Diademopsis helvetica* TORNQUIST.

Die Beschreibung TORNQUISTS (1908, 420) ist allerdings nicht vollständig. Sie sagt nichts darüber aus, ob Ober- und Unterseite unterschiedliche Skulptur tragen, d. h. vor allem, ob die beiden Stachelwarzen pro Interambulacraltafel auch auf der

Oberseite vorhanden sind. Seine Zeichnung (Taf. XVII, Fig. 4), auf der nur einige Platten schematisch und wahrscheinlich ziemlich ungenau dargestellt sind, gibt darüber auch keinen Aufschluß. Die Originalstücke, die sich nach TORNQVIST im Staatlichen Museum für Naturkunde in Stuttgart befinden müßten, sind verschollen, vermutlich durch Kriegsfolgen. Die Frage könnte daher nur anhand weiterer Stücke von der Typuslokalität („Schambelen“ bei Mülligen in der Nordschweiz) geklärt werden.

Der einzig faßbare Unterschied besteht in der Schrägstellung der Porenpaare, die bei TORNQVISTS Stücken nach seinen Angaben steiler gewesen zu sein scheint. Dies mag sich aus dem stratigraphischen Abstand beider Formen erklären (die Stücke TORNQVISTS stammen aus dem Unterhettangium). Die Übereinstimmung ist im übrigen so gut, daß eine artliche Trennung nicht gerechtfertigt erscheint, zumindest solange nicht der Vergleich mit Exemplaren der Typuslokalität dies nahelegt.

Die hier beschriebenen Stücke sind im Staatlichen Museum für Naturkunde in Stuttgart hinterlegt.

3. Lebensraum

Die gute Erhaltung der Seeigel schließt nach SCHÄFER (1962, 544) längeren Transport aus, ihr Lebensraum lag also im Fundgebiet.

Die rezenten pedinoiden Seeigel leben nach MORTENSEN (1940, 73) zwischen 100 und 2000 m Tiefe. Funde fossiler Formen wurden ganz überwiegend in Tongesteinen gemacht, was für eine Bevorzugung relativ ruhiger Biotope auch in der geologischen Vergangenheit spricht (FELL 1966, U 345).

In Württemberg finden sich Reste pedinoider Echiniden ebenfalls vornehmlich in Tongesteinen; sie sind im Hettangium — was bisher nicht bekannt war — horizontalweise ziemlich häufig und vielgestaltig (nach dem Material der Sammlung FEIFEL im Staatlichen Museum für Naturkunde in Stuttgart). In gröberklastischen Sedimenten (Sandsteine und Schillkalke) scheinen dagegen cidaroiden Seeigel zu dominieren. Die häufige Einschaltung von Siltlagen in die Tonsteine, wie auch die unten beschriebene Einbettungsgeschichte, sprechen für eine Wassertiefe, die wesentlich geringer als der von MORTENSEN angegebene Bereich war.

3.1 Einbettungsgeschichte

Die Einbettung der Seeigel zog sich über einen gewissen Zeitraum hin, in dem diskontinuierliche Sedimentation und Zerfall der Seeigelskelette nebeneinanderher liefen. Auf Grund rezenter Beobachtungen des Zerfalls von Seeigeln ist dieser Zeitraum faßbar, ebenso der Abstand der Einbettungsphasen; der Zerfall dient hier somit als eine Art „Uhr“, an der sich Abstand und Dauer der einzelnen Sedimentbewegungen zumindest abschätzen lassen.

Wie der Zerfall von Echiniden verläuft, wurde von SCHÄFER (1962, 118—119) an *Echinus* in der Nordsee beobachtet. Sieben Tage nach dem Tod fallen bei diesem die Stacheln ab, nach zwölf Tagen zerfallen Peristom und Apikalsystem, nach siebzehn Tagen der Kauapparat und schließlich, nach mehreren Wochen, der Panzer selber, wobei sich zunächst die Ambulacral- und Interambulacralfelder entlang der radialen Nähte trennen, und diese Felder dann in ihre Einzelplatten zerfallen. In warmen Klimaten wie dem der Lias-Zeit dürften diese Vorgänge schneller ablaufen (vgl. SCHÄFER 1962, 68); zudem waren die Seeigel jener Zeit noch wenig fest gebaut.

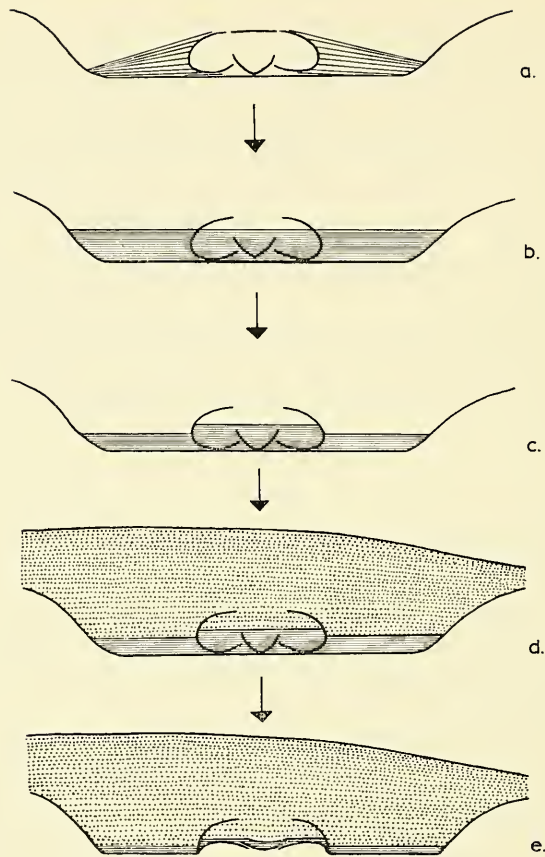


Abb. 3. Verlauf der Einbettung der Seeigel in der Kolkform (schematisch):

- a. Die Seeigel sind kurz nach ihrem Tod gut erhalten in der Kolkform zusammengetragen worden.
- b. Nach Abfallen der Stacheln und des Periprokts und vor Zerfall des Kauapparats wurde Ton sedimentiert (ca. 2–3 Wochen nach dem Tod).
- c. Schwache Erosion; der ursprüngliche Sedimentspiegel ist innerhalb der Coronen erhalten geblieben (ca. 3–4 Wochen nach dem Tod).
- d. Einbettung der noch aus dem Tonschlamm ragenden Teile in Silt (ca. 4–5 Wochen nach dem Tod).
- e. Durch Setzung des Tonschlamms wurden die darin eingebetteten Teile flachgedrückt.

History of embedding, schematically. Times according to decomposition of *Edinius* in the North Sea (SCHÄFER 1962, 118).

- a: Carcass swept into the erosional cut (storm scour) immediately after death.
- b: Sedimentation of mud after the spines and the periproct have fallen off and before the lantern disintegrated (ca. 2–3 weeks after death).
- c: Slight erosion around the coronae (ca. 3–4 weeks after death).
- d: Upper part of the coronae covered by silt in the state of beginning disintegration (ca. 4–5 weeks after death).
- e: After compaction the parts embedded in mud are distorted.

Für die folgende Beschreibung der einzelnen Vorgänge sei auf Abb. 3 verwiesen.

1. Zunächst wurde die Kolkform ausgespült durch eine kurzfristige starke Wasserbewegung, vermutlich grundberührenden Seegang. Solche kleinen Kolke kennt man

auch aus rezenten Sedimenten heutiger Meere (z. B. aus dem Golf von Mexiko: COLEMAN & GAGLIANO 1965).

2. Als nächster faßbarer Vorgang wurden die Tiere in der Kolkform zusammengetragen (Abb. 3a). Da die Seeigel erst später, nach Beginn des Zerfalls, eingebettet worden sind, müssen sie zur Zeit der Zusammenschwemmung bereits abgestorben gewesen sein; lebende Exemplare hätten den Kolk alsbald wieder verlassen. Die Stacheln liegen im Kolk z. T. in so dichter Packung, daß anzunehmen ist, daß sie den Tieren bei der Einschwemmung noch anhafteten. Wären sie schon vorher abgefallen, müßten sie sich beim Transport über die Schichtfläche verteilt haben; sie wären im Kolk dann allenfalls in lockerer Streuung zu erwarten. Stammten sie von Tieren, die schon stärker oder völlig zerfallen waren, müßten zusammen mit ihnen eine große Zahl von Platten eingeschwemmt worden sein, wie das in Echinodermenschillen die Regel ist; Platten haben sich jedoch nicht gefunden. Wahrscheinlich waren auf der Schichtfläche keine Skelettelemente in größerer Dichte vorhanden. Aus allem folgt, daß die Tiere während oder kurz nach ihrem Absterben in den Kolk gelangt sind. Die transportierende Strömung dürfte nicht sehr stark gewesen sein, sodaß die Kadaver am Grund entlang drifteten; bei starker Strömung wären sie wohl höher aufgewirbelt worden (s. S. 15), zudem hätte die sehr flache Vertiefung dann kaum noch Schutz geboten. — Ein ursächlicher Zusammenhang zwischen der Auskolkung und der Zusammenschwemmung läßt sich nicht beweisen; die Kolkform kann schon wesentlich früher angelegt worden sein.

Über die Entstehungszeit und -art der Bruchstücke lassen sich folgende Feststellungen machen. Da sie mit den Coronen in Tonstein eingebettet wurden, der Ton aber sedimentiert worden ist, bevor die Coronen das Zerfallstadium erreicht hatten (s. u.), müssen sie vor der Tonsedimentation entstanden und (wahrscheinlich zusammen mit den Coronen) in den Kolk gelangt sein. Die Stücke können entweder durch gewaltsames Zerbrechen bei noch intaktem Bindegewebe (durch Feinde oder Aasfresser) oder durch Zerfall in fortgeschrittenem Stadium entstanden sein. Unregelmäßige Begrenzungslinien, die durch Tafeln hindurchsetzen, würden den ersten Fall, regelmäßige, den Nahtlinien zwischen den Feldern folgende eher den zweiten Fall belegen (SCHÄFER 1962, 118). Nun waren diese Linien entweder nicht oder nicht deutlich genug zu erkennen; unregelmäßige Brüche an der Grenze Silt/Ton sind durch Setzung entstanden. Nur einmal konnte über eine Distanz von drei Tafeln Begrenzung durch eine Nahtlinie beobachtet werden; das scheint für eine definitive Aussage nicht ausreichend. Bei Entstehung durch Zerfall müßten die Exemplare wesentlich früher als die übrigen abgestorben sein. Da nun die vollständigen Exemplare vor ihrer endgültigen Einbettung selber das Stadium des Zerfalls in Einzelplatten erreicht haben, müßte das erst recht bei den aus dem Ton ragenden Fragmenten zu erwarten sein; diese sind aber nicht stärker zerfallen. Alle Exemplare scheinen somit innerhalb einer ziemlich kurzen Zeitspanne zugrundegegangen zu sein.

Der kurze Zeitraum könnte für eine einheitliche, gewaltsame Ursache des Absterbens sprechen, zumal Exemplare recht unterschiedlicher Größe betroffen worden sind. Das häufige Fehlen des Apikalfeldes läßt an Feinde denken, die die Tiere in diesem Bereich aufgebochen haben (wofür rezente Beispiele fehlen). Da aber auch das Mundfeld fehlt, soweit die Unterseite nach oben lag, was sicher nicht aufgebrochen wurde, und zudem Einzelemente des Apikalfeldes in der Corona aufgefunden wurden, ist dieses Fehlen doch eher durch Zerfall zu erklären. So bleiben Krankheit, Feinde, die das Skelett nicht beschädigen oder eine Verschlechterung der Umweltbedingungen wie vorübergehender Sauerstoffmangel oder zeitweiliges Absinken des Salzgehalts unter das Toleranzminimum (vgl. FEDER & CHRISTENSEN 1966, 90).

3. Nach mehreren Tagen sind die Stacheln abgefallen. Sie wurden von einer schwachen Strömung in der Längserstreckung des Kolks eingeregelt. Dabei sind auch die Panzer noch bewegt worden, denn sie liegen auf bereits eingeregeltten Stacheln (Taf. 1, Fig. 1b u. 2). Die letzte Bewegung muß nach dem Abfallen der Stacheln und vor dem Zerfall von Mund- und Afterfeld erfolgt sein, also, auf das Beispiel *Echinus* übertragen, in der 2. Woche nach dem Tod.

4. Die Tonsedimentation kann erst nach dem Abfallen der Stacheln eingesetzt haben, die Stacheln wären sonst am Panzer fixiert eingebettet worden. Das Apikal- bzw. Peristomfeld mußte zu diesem Zeitpunkt schon weitgehend zerfallen sein; dadurch war die Öffnung entstanden, durch die der Ton in das Innere der Panzer eindringen konnte (Abb. 3b).

Die Tonfüllung könnte nach GOLDRING & STEPHENSON (1972, 616) auch anderer Herkunft sein: Sie weisen darauf hin, daß bis zu 30% des Volumens rezenter sedimentfressender Seeigel aus Darminhalt bestehen kann. Nun liegt im vorliegenden Fall der Volumenanteil des Tons durchweg über 50%, teilweise erreicht er ca. 90% (vgl. Taf. 1, Fig. 1a), ein Anteil, der den Darminhalt auch fossiler Seeigel bei weitem übertreffen dürfte. Es muß daher postmortales Eindringen des Sediments angenommen werden.

Da der Kauapparat zu Beginn der Tonsedimentation noch im Verband erhalten war, ergibt sich, daß der Tonabsatz in der Hauptsache in die erste Hälfte der dritten Woche nach dem Tod (immer auf das Beispiel *Echinus* bezogen) gefallen ist. Die Seeigel waren am Ende dieses Sedimentationsakts zumindest bis zur Hälfte ihrer Höhe, wahrscheinlich aber höher, von Tonschlamm bedeckt.

Ein genetischer, z. B. sturmbedingter Zusammenhang zwischen der Auskolkung und der Tonsedimentation ist unwahrscheinlich, denn ob sich die Auskolkung unmittelbar vor der Einschwemmung der Seeigel vollzogen hat oder früher, der zeitliche Abstand zwischen beiden Vorgängen ist in jedem Fall zu groß.

5. Anschließend oder nach einer Pause wurde bei erneut verstärkter Wasserbewegung ein Teil des Tonschlammes wieder abgetragen, so daß die Sedimentoberfläche in ursprünglicher Höhe nur im Innern der Seeigel erhalten blieb (Abb. 3c). Zu diesem Zeitpunkt war das Bindegewebe der Coronen schon so schwach geworden, daß sich jetzt oder nur wenig später einzelne Platten vom adapikalen Rand her herauslösten (Taf. 2, Fig. 1 u. 2; Taf. 3, Fig. 2). Zu einem Zerfall entlang der Radialnähte kam es wohl deshalb nicht, weil der einbettende Ton die Corona zusammenhielt.

Der höhere Sedimentspiegel in den Coronen könnte auch durch die oben erwähnte Tonfüllung des Darmes bedingt sein. Für die angenommene Erosion spricht jedoch, daß die Grenze Silt-/Tonstein auch in den engen Zwischenräumen zwischen der großen Corona auf Taf. 2, Fig. 2, und den ihr angelagerten Fragmenten höher liegt als außerhalb.

6. Die Überschüttung mit Silt (Abb. 3d) traf die Seeigel in diesem Stadium des Zerfalls an, also, auf *Echinus* übertragen, etwa in der fünften Woche nach dem Tod. Wie das diskordante Abstoßen der Feinschichten an den Kolkwänden zeigt, wurde zunächst nur im Schutz der Kolkform sedimentiert. Erst gegen Ende des Sedimentationsakts, bei weiterer Beruhigung, blieb das Sediment auch auf der Schichtfläche ringsum liegen. Die übrigen Individuen der Seeigel-Population, aus der die Exemplare in dem Kolk ja nur ein kleiner Rest sein können, müssen vor dem Siltabsatz von der Schichtfläche entfernt worden sein, wahrscheinlich von der Strömung, die auch die Tiere in der Kolkform zusammengetragen hat.

7. Der nachfolgenden Tonsedimentation ging keine nennenswerte Erosion voraus, so daß die Siltlage samt den Seeigeln erhalten blieb. Spätere Setzung deformierte vor allem die im Ton eingebetteten Teile, im Silt wurde nur eine einzelne Zerbrechung beobachtet (Taf. 2, Fig. 2, großes Exemplar unten).

Wenn auch Abweichungen in den zeitlichen Abständen zwischen den Zerfallstadien gegenüber *Echinus* in Betracht gezogen werden müssen, so ändert das doch nichts Grundsätzliches am Verlauf der Einbettung. Bessere Ergebnisse könnten Rezentbeobachtungen an verwandten Seeigeln in ähnlichem Milieu bringen. Wesentlich ist, daß im vorliegenden Fall einzelne Sedimentbewegungen nicht nur in ihrer rela-

tiven Aufeinanderfolge, sondern auch in ihrem zeitlichen Abstand faßbar sind. Dies ist von einiger Bedeutung für die Beurteilung der hydrographischen Verhältnisse im Fundgebiet.

3.2 Hydrographie

Aus den in der Fundschicht erhaltenen Daten ergeben sich Anhaltspunkte über die hydrographischen Verhältnisse, die freilich nicht entfernt so exakt beschrieben werden können wie die heutiger Meere, die der Beobachtung unmittelbar zugänglich sind.

Gestalt des Beckens

Das Becken war im E und S von einem Abtragungsgebiet begrenzt (Vindelizisch-Alemannisches Land); die Küste lag etwa 130 km ostwärts der Fundstelle, sie zog sich im Bogen bis zum Westende des Aarmassivs. Die Richtung der Tiefenzunahme geht aus der Sedimentverteilung hervor. Der Anteil der Sandsteine am Profil nimmt von E nach W zugunsten des Tonsteins ab; außerdem verringert sich die Korngröße der Sandsteine in gleicher Richtung von Feinsand auf Silt. In weiter westlich gelegenen Teilen des Beckens (Oberrheingebiet) ist das Hettangium z. T. bituminös ausgebildet (RÜGER 1922; DREXLER 1959; HOFFMANN 1963 und eigene Beobachtungen).

Wasserbewegung

Die Sedimentation im Fundhorizont vollzog sich, wie die Einbettungsgeschichte zeigt, ausgesprochen diskontinuierlich. Sedimentbewegungen waren ganz offensichtlich an episodisch stärkere Wasserbewegung gebunden, und zwar nicht nur Silt-, sondern auch starke Tonsedimentation. Als Agens für derartige Bewegungen müssen in Analogie zu heutigen Verhältnissen Stürme angenommen werden. Ob es regelmäßige, z. B. jahreszeitlich bedingte Unterschiede in der Sturmhäufigkeit gegeben hat, läßt sich nicht feststellen, da der faßbare Zeitraum von wenigen Wochen zu kurz ist.

Durch winderzeugte Turbulenz wird Sediment nur suspendiert, Transport erfordert Strömungen. An der Fundstelle wurde nacheinander Sediment sowohl weg- als auch herangeführt. Da nicht kontinuierlich sedimentiert worden ist, unabhängig von den Wetterlagen, waren die Strömungen entweder zu schwach, um Sediment ohne Mitwirkung winderzeugter Turbulenz in Suspension zu halten, oder sie waren zu unbeständig. Eine Rolle spielt sicher auch die Entfernung zum hauptsächlichlichen Sedimentlieferanten, der nach der mineralogischen Zusammensetzung der Sande nicht unter den unmittelbar angrenzenden Landgebieten gesucht werden kann, vielmehr mit großer Wahrscheinlichkeit in Norddeutschland (BLOOS 1971).

Zwischen Erosion und nachfolgender Sedimentation bestand offensichtlich kein proportionaler Zusammenhang hinsichtlich der Stärke. Auf die relativ starke Auskolkung zu Beginn folgte keine Sedimentation, im Gegenteil, das ausgekolkte Sediment muß weggeführt worden sein. Nach längerer Pause wurde Ton sedimentiert, ohne daß eine Erosion vorausging, allenfalls die leichte Strömung, die die Stacheln eingeregelt hat. Auch der Siltsedimentation ging keine oder eine nur schwache Erosion voraus.

Erst die Erhaltung der Seeigel läßt erkennen, wie differenziert die Vorgänge bei der Entstehung der Schichtgrenze waren. Ohne sie hätte die einfache Deutung nahegelegen: Auskolkung mit nachfolgender Siltsedimentation bei abklingender Wasserbewegung.

Die Beobachtungen über das Verhältnis der Stärke von Erosion und Sedimentation lassen sich mit Unterschieden der Strömungsrichtung erklären. Es wäre denkbar, daß Strömungen, die Sediment nur wegführten, aus Gebieten tieferen Wassers kamen und

solche, die Sediment lieferten, aus solchen gleich tiefen oder flacheren Wassers, wo der Seegang in ausreichender Stärke auf den Grund wirken und Sediment suspendieren konnte.

Als Agens für die Strömungen muß — zumindest teilweise — Wind angenommen werden wie für den Seegang auch. Wasserstandsänderungen bei starkem Wind (Sturmfluten, Windebben) können kurzfristig erhebliche Strömungen verursachen. Die mittlere Windrichtung beeinflusst die Richtung der oberflächennahen Strömungen; diese können sich bei jahreszeitlichen Änderungen der Windrichtung mit ändern. Die Hauptwindrichtung läßt sich aus Orientierung und Innenbau von Seegangsrippeln erschließen; danach kamen die Winde überwiegend aus SE (BLOOS 1971).

Gezeitenströmungen waren sicher nur von untergeordneter Bedeutung. Für regelmäßiges Trockenfallen fanden sich im ganzen Sedimentationsraum keine Anzeichen, weder anorganogene noch organogene (BLOOS 1971).

Dem Sedimenttransport von N nach S muß eine generelle Strömung in dieser Richtung zugrundegelegen haben, die durchaus zeitweise durch andere, stärkere Strömungen überlagert gewesen sein kann. Denkbar wäre beispielsweise eine Ausgleichsströmung zwischen den starken Süßwasserzuflüssen im N und NE und dem mediterranen Raum.

Wassertiefe

Die von E nach W zunehmende Tiefe macht sich nicht nur im zunehmenden Anteil pelitischen Materials an der Gesteinssäule bemerkbar (s. S. 10), sondern auch an den abnehmenden Mächtigkeiten des bei einem Sedimentationsakt abgesetzten Sediments und der abnehmenden Tiefe von Kolkformen. Die nach W abnehmende Gesamtmächtigkeit des Hettangiums dürfte deshalb mit einer Folge schwächer werdender Sedimentation bei zunehmender Wassertiefe sein.

Paläogeographisch liegt die Fundstelle schon ziemlich weit gegen das Beckeninnere vorgeückt. Der Meeresraum läßt sich mit tieferen Teilen rezenter Schelfmeere vergleichen, in denen heute ähnliche Sedimentationsverhältnisse herrschen, z. B. Nordsee (Schlickgebiet S Helgoland): REINECK & GUTMANN & HERTWECK 1967; REINECK & DÖRJES & GADOW & HERTWECK 1968; Ostsee: WERNER 1968; Golf von Mexiko: MOORE & SCRUTON 1957; COLEMAN & GAGLIANO 1965; Tyrrenisches Meer (Golf von Gaëta): GADOW 1971; HERTWECK 1971; REINECK & SINGH 1971; DÖRJES 1971. Auch fossil sind ähnliche Wechsellagerungen in vergleichbarer paläogeographischer Situation mehrfach beschrieben worden. Die von HÄNTZSCHEL & REINECK (1968) beschriebenen Wechsellagerungen aus dem Hettangium von Helmstedt sind anders ausgebildet und gehören zu einem Faziesbereich, der in Württemberg weiter östlich liegt.

Im Schlickgebiet S Helgoland (Literatur s. voriger Abschnitt) beträgt die Tiefe zwischen 20 und 40 m. Bei normalen Wetterlagen wird Schlick (toniger Silt bis siltiger Ton) abgelagert, der hauptsächlich von Elbe und Weser stammt. Bei schwersten Stürmen wird zunächst erodiert, sodann legt sich über die Erosionsfläche eine wenige Zentimeter dicke Lage feinen Sandes ab, der in küstennahen Bereichen der Nordsee suspendiert und mit Gezeitenströmungen seewärts transportiert wird. Die Mächtigkeit dieser Sturmflutlagen nimmt mit zunehmender Tiefe ab; ihr vertikaler Abstand beträgt durchschnittlich 10 cm, ihr zeitlicher Abstand 25—50 Jahre (REINECK, GUTMANN & HERTWECK 1967, 229—231). Daraus ergibt sich eine jährliche Schlicksedimentation von 2—4 mm. Einen ähnlichen zeitlichen Abstand (10—40 Jahre) stellte WERNER 1968, 103) in der Ostsee fest.

Im Unterschied zur Nordsee war das süddeutsche Becken zur Zeit des Hettangiums stärker abgeschirmt gegen Gezeitenströme. Auch der tiefreichende Seegang des offenen Ozeans, der besonders für die äußeren Bereiche der heutigen Schelfe von Bedeutung ist, konnte nicht bis hierher gelangen. Zudem kamen die Winde hauptsächlich aus SE (s. o.), also aus einem Gebiet flacheren Wassers, und überdies war die Anlaufstrecke für den Seegang aus dieser Richtung relativ gering. Alle diese Faktoren bewirken, daß gleiche meteorologische Verhältnisse (Sturmhäufigkeit und -stärke) wie in der Nordsee sich hier schwächer auf das Bodensediment ausgewirkt haben müßten. Im allgemeinen werden aber für das ausgeglichene Klima der Lias-Zeit ruhigere Windverhältnisse angenommen. Deshalb ist es wahrscheinlich, daß gleichartige Sedimente im süddeutschen Lias-See in flacherem Wasser abgesetzt wurden als in der heutigen Nordsee. Dies wird auch von HÄNTZSCHEL & REINECK (1968) für Norddeutschland zur Hettangium-Zeit angenommen. Einen weiteren Hinweis auf die Tiefe liefert die Häufigkeit grundberührenden Seegangs mit Wirkung auf das Bodensediment.

Die Häufigkeit grundberührenden Seegangs nimmt mit der Tiefe rasch ab (CURRAY 1960, 232). In tieferen Teilen der heutigen Nordsee beträgt der zeitliche Abstand zwischen dem Absatz von zwei Sandlagen 25–50 Jahre (s. o.). Wenn dieser Abstand im vorliegenden fossilen Fall auch nicht faßbar ist, so scheint hier doch der Einbettungsgeschichte nach grundberührender Seegang eher häufiger gewesen zu sein. Damit nimmt die Wahrscheinlichkeit relativ geringer Tiefe noch zu. Sie dürfte wohl im Fundgebiet zwischen 20 und 30 m gelegen haben, als Extremwerte mögen 10 und 50 m anzunehmen sein (abhängig vor allem von den unbekanntem Sturmstärken).

Salinität

In küstennahen Meeresteilen mit starkem Süßwasserzufluß ist die Salinität mehr oder minder erniedrigt; der Grad der Erniedrigung hängt von der Stärke des Zuflusses und lokalen Gegebenheiten ab, die die Geschwindigkeit der Verteilung im Seewasser beeinflussen. Möglicherweise hängt die bituminöse Ausbildung von Abschnitten des Hettangiums im Beckeninnern mit der zeitweiligen Existenz einer Salinitätssprungschicht zusammen, wie das auch in heutigen Nebenmeeren mit bituminöser Sedimentation im humiden Klimabereich der Fall ist (EMERY 1960, 113; SEIBOLD 1965, 139). Salinitätsschwankungen werden sich um so ausgedehnter bemerkbar machen, je flacher ein Schelfbereich ist. Daher kann man wohl selbst im Fundgebiet noch mit gelegentlicher Erniedrigung der Salinität rechnen.

Temperatur

Bei der geringen Tiefe dürfte die Temperatur entsprechend dem damaligen Klima relativ hoch und gleichmäßig gewesen sein (vgl. SCHLOZ 1972, 195). Schwankungen konnten durch wechselnde Sonneneinstrahlung und Strömungsänderungen, sowie zeitweise Temperaturschichtung eingetreten sein.

3.3 Ökologie

Die Fundschicht zeichnet sich durch Armut an Körper- und Spurenfossilien aus, nicht nur an der Fundstelle, sondern im ganzen Schönbusch. Es gibt noch andere Wechsellagerungshorizonte im Hettangium des westlichen Württembergs mit ver-

gleichbaren Verhältnissen. Selbst wenn der Verwühlungsgrad höher ist, bleibt das Spurenspektrum in diesen Horizonten klein; es überwiegen wenig charakteristische Wühlgefüge vagiler Endobionten. An bestimmbareren Lebensspuren finden sich vor allem *Rhizocorallium* und *Thalassinoides*, während viele andere im Hettangium Württembergs sonst häufige Spuren (vgl. SEILACHER 1955, Abb. 5) fehlen.

In heutigen Meeresgebieten mit vergleichbarer Sedimentation (s. Kap. Hydrographie, S. 10) beobachtet man ebenfalls eine Verarmung der Fauna gegenüber küstennäheren Bereichen. Diese Erscheinung ist wohl vor allem durch die hier geringere Wasserbewegung bedingt, die sich nur episodisch verstärkt. Wo Wasserbewegung in erster Linie als Seegang auftritt, ist die Abnahme der Fauna mit zunehmender Tiefe besonders ausgeprägt, z. B. im Golf von Gaëta (DÖRJES 1971). Wo Strömungen hinzukommen, etwa bei stärkerem Gezeiteneinfluß, wird das Wasser auch unterhalb der Wellenbasis noch mehr bewegt, so daß hier die Abnahme der Fauna nicht so stark ist, etwa in der Nordsee (REINECK, DÖRJES, GADOW & HERTWECK 1968, Abb. 9).

Die Wasserbewegung beeinflusst die ökologischen Verhältnisse in verschiedenster Weise, so die sedimentierten Korngrößen und damit die Substrateigenschaften, die Stärke und Häufigkeit von Sedimentbewegungen und damit von Überschüttung und Ausspülung, sowie, wieviel sauerstoff- und nährstoffreiches Wasser in der Zeiteinheit zugeführt wird, bzw. wie rasch Stoffwechselprodukte weggeführt werden. Auch die Verbreitung der Benthos-Larven und damit, zumindest primär, Ausdehnung und Dichte der Besiedlung hängen von ihr ab (REINECK & DÖRJES & GADOW & HERTWECK 1968, 280).

Besiedlungsdichte und Artenzahl hängen nicht nur von einer dieser Wirkungen der Wasserbewegung ab. So ist Schllick, der im allgemeinen als nicht sehr günstiges Substrat gelten kann, horizont- und fleckenweise dicht besiedelt (REINECK, GUTMANN & HERTWECK 1967); die geringe Besiedelung weiter Schllickflächen in der heutigen Nordsee dürfte deshalb noch andere Gründe als Ungunst des Substrats haben. Ähnlich zeigen gleichartige Substrate im Hettangium Württembergs starke Unterschiede der Besiedlungsdichte.

Sicher werden die Benthonten je nach Lebensweise in unterschiedlicher Weise von diesen Wirkungen betroffen. Die Diskontinuität stärkerer Wasserbewegung dürfte vor allem sessile und hemisessile Benthonten benachteiligen, die meist als Suspensionsfischer leben und daher auf ständigen Zustrom von Nahrungsartikeln angewiesen sind. Vagile Organismen, die ihre Nahrung aus dem Sediment aufnehmen, wie die beschriebenen Seeigel (in Analogie zu ihren rezenten Verwandten) werden davon weit weniger betroffen.

Wie oben (S. 9) bemerkt, läßt sich eine vorübergehende Änderung abiotischer Umweltfaktoren als Ursache für das Absterben nicht ausschließen. Für solche Änderungen sprechen auch andere faunistische Beobachtungen (ALDINGER 1968, 176; SCHLOZ 1972, 195); die genannten Autoren denken an ein zeitweiliges Absinken des Salzgehalts um einige Promille unter den vollmarinen Wert. Unter den rezenten Echinodermen zeigen die Echiniden besonders geringe Toleranzen gegenüber Salinitätserniedrigungen (H. B. MOORE 1966, 85; BINYON 1966, 359), weshalb auf die bevorzugt küstenfern lebenden pedinoiden Seeigel schon geringfügige Salinitätserniedrigungen letal gewirkt haben dürften (vgl. FEDER & CHRISTENSEN 1966, 90).

3.4 Bedingungen und Wahrscheinlichkeit der Erhaltung

Eng mit den Verhältnissen im Lebensraum hängt die Frage zusammen, ob und wie ein Organismenrest fossil erhalten werden kann. Bei der Häufigkeit von Echinodermenresten im Hettangium Württembergs, wie auch in vielen anderen Flachseesedimenten, stellt sich die Frage, warum artikulierte Skelette dieser Tiere so selten sind. Diese Seltenheit fällt um so mehr auf, als nach SCHÄFER (1962, 106, 112, 117, 119) Übersättigung eine der häufigsten Todesursachen für Echinodermen in der Flachsee ist. Die Antwort darauf lautet gewöhnlich: Die übersättigten Tiere werden in den allermeisten Fällen früher oder später wieder umgelagert und dabei zerstört (SCHÄFER 1962, 111).

Offen ist die Frage, wie es mit den Populationen steht, die von den als Sedimentlage fossil gewordenen Übersättigungen betroffen worden sein müßten. Diese Übersättigungen müssen Echinodermen so häufig oder selten letal getroffen haben wie andere, d. h. später wieder aufgearbeitete Sedimentlagen auch. Wenn nun in den fossil erhaltenen Schichten Echinodermenskelette so selten sind, können sie in den später wieder umgelagerten nicht viel häufiger gewesen sein. Das kann aber angesichts der Häufigkeit der Echinodermen nur bedeuten, daß diese im allgemeinen nicht erst bei einer Umlagerung zerstört werden, sondern erst gar nicht artikuliert in das Sediment gelangen, d. h. daß Übersättigung lebender Exemplare nicht so häufig sein kann. Dieses rein deduktiv gewonnene Ergebnis bedarf selbstverständlich einer Bestätigung oder Korrektur durch Nachprüfung der tatsächlichen Verhältnisse im rezenten Flachseemilieu. Eine Erklärung kann hier nur versucht werden.

Es sei nicht übersehen, daß Echinodermen auch ohne Umlagerung aus dem Sediment verschwinden können, etwa durch Flucht zur Oberfläche, durch aassessende Endobionten, durch Zerstörung des seines Zusammenhalts beraubten Skeletts bei Verwühlung oder schließlich auch durch Diagenese. Für die Sandsteine des Hettangiums in Württemberg reichen diese Erklärungen nicht aus. Hier kommen Übersättigungen in einer für letale Wirkung ausreichenden Mächtigkeit (bis über 20 cm) vor, zudem ist die primäre Feinschichtung meist unverwühlt erhalten, und schließlich sind Echinodermenreste so häufig kalkig oder als Lösungshohlraum erhalten, daß auch frühdiagenetische Auflösung ausscheidet.

Bei Übersättigung bestehen für Echinodermen zwei Gefahren: daß sie durch die Last des Sediments bewegungsunfähig werden, und daß das Wassergefäßsystem durch Schlack blockiert wird (ROSENKRANZ 1971, 249); im letzteren Fall spielt der Betrag der Übersättigung primär keine Rolle, sondern die Dichte des Sedimentfalls. Übersättigt werden können aber nur Tiere, die sich am Grund befinden; daß sie sich dort zu Zeiten starken Sedimentfalls befinden, ist aber nicht sicher.

Sedimentation in für Echinodermen gefährlichem Ausmaß kommt in der Flachsee in der Regel nur bei Sturmweatherlagen vor, genauer, beim Abflauen des Sturms. Das Sediment wird vorher, während des Sturmhöhepunkts, durch grundberührenden Seeegang suspendiert, wovon zwangsläufig auch das Benthos erfaßt wird. Bezeichnenderweise finden sich im Hettangium Württembergs flach eingegrabene oder gar epibiontische Muscheln so gut wie nie in Lebendstellung, wie es bei einfacher Übersättigung zu erwarten wäre, wohl aber tiefer eingegrabene, die von der Aufarbeitung verschont blieben.

Daß nun die aufgearbeiteten Muscheln nicht selten rasch und daher in guter Erhaltung (z. T. zweiklappig) wieder überdeckt werden, Echinodermen dagegen nicht, liegt an ihrem unterschiedlichen Transportverhalten. Lebende Echinodermen haben

ein geringes spezifisches Gewicht (RUHRMANN 1971, 63), zudem eine z. T. sehr große Oberfläche (viele Anhänge), so daß sie, erst einmal suspendiert, von bewegtem Wasser leichter und länger in der Schwebe gehalten werden als das übrige, potentiell gefährliche Sediment (meist Sand) oder die Muscheln. Man muß wohl annehmen, daß manche besonders schwebfähige Formen (z. B. Crinoiden) schon während des Driftens absterben, und der Zerfall dann beginnt, so daß sie den Grund artikuliert nicht mehr erreichen (vgl. hierzu den Nachtrag S. 19).

G. DIETL (Ludwigsburg) beobachtete an der spanischen Atlantikküste nach Stürmen Seeigel und Seesterne, die in Massen an der Oberfläche trieben und nach Tagen zu zerfallen begannen; in der offenen Nordsee beobachtete er große Mengen treibender Seeigel (frdl. mündl. Mitt.).

Der hier beschriebene Seeigelfund fügt sich in dieses Bild. Auch hier muß der größte Teil der Population durch Strömungen entfernt worden sein, bevor auf der Schichtfläche sedimentiert wurde. Nur ein kleiner Rest blieb im Schutz der Kolkform erhalten.

Überschüttung ganzer Exemplare von Echinodermen setzt offensichtlich voraus, daß der Überschüttung keine Aufarbeitung vorausgeht, was im Normalfall nur an geschützten Stellen zu erwarten ist. Hier besteht wahrscheinlich ein Unterschied zwischen rezenten und vielen früheren Meeren: Das Bodenrelief des süddeutschen Lias-Meers war sehr wahrscheinlich viel schwächer als das der heutigen Nordsee, das durch pleistozäne Reliktformen und die Wirkung starker Gezeitenströme belebt ist, und sich außerdem durch gebietsweise raschere Tiefenzunahme auszeichnet. Hier gibt es viel eher Bereiche starken Energiegefälles, wo Turbulenz rasch abklingt und suspendiertes Sediment über Echinodermen am Grund in letaler Dichte und Menge ausfallen kann. Im süddeutschen Lias-Meer lagen, bedingt durch den geringen Tiefengradienten, die Bereiche stärkerer und schwächerer Turbulenz am Grund vergleichsweise weit auseinander, sodaß es, vielleicht verschärft durch die herrschenden Strömungsverhältnisse, im Beckeninnern meist nur zu schwachen, nicht letal wirkenden Sedimentfällen kam. Selbst dort aber war die Sedimentfällen vorausgehende Turbulenz noch stark genug, eine Überschüttung von abgestorbenen, leicht beweglichen Echinodermen nur in geschützter Position zuzulassen. Schutz vor Aufarbeitung konnten in erster Linie Kolkformen bieten; deren Vorteile für die Fossilhaltung liegen auf der Hand:

1. Sie stellen Fallen für Treibgut am Grund dar.
2. Die Skelette sind hier vor weiterer Beschädigung durch Transport geschützt. Das gilt allerdings erst, wenn die auskolkende Wasserbewegung nachgelassen hat.
3. Die Wahrscheinlichkeit rascher Einbettung ist hier höher; oft sind Rinnen mit Sediment gefüllt, das außerhalb davon fehlt.
4. Die Wahrscheinlichkeit späterer Umlagerung ist geringer.

Freilich sind trotz dieser Vorteile ganze Echinodermen auch in Rinnen selten, ein Zeichen, daß die Tiere im Normalfall gar nicht in solche Hohlformen gelangen, im Gegensatz etwa zu Muschelschillen. Der Grund hierfür ist in dem oben skizzierten Transportverhalten zu suchen.

Die meisten bekannten Echinodermenlagerstätten in Flachseesedimenten (Übersicht bei ROSENKRANZ 1971) lassen keine besonders geschützte Position erkennen. Hier müssen besondere Mechanismen wirksam gewesen sein, über die bisher keine Klarheit besteht. Es lassen sich zwei Arten unterscheiden: Erhaltung innerhalb eines einheitlichen Sediments oder an der Grenzfläche zweier verschiedener Sedimente, gewöhnlich unterschiedlicher Korngröße.

Die erste Art findet sich beispielsweise in feinkörnigen Sandsteinen des württembergischen Hettangiums, z. B. bei Breech (N Göppingen) (ENGEL 1892; 1910, 207). Die Erhaltung ist nicht in jedem Fall gleich gut, abhängig wahrscheinlich von der Länge des Transports. Das Besondere bei dieser Art von Lagerstätten ist, daß es offenbar zu keiner Trennung von Sediment und Echinodermen beim Absatz kam. Denkbar wäre ein sehr kurzer Transport in einer dichten Sandsuspension nahe am Gund infolge einer plötzlichen und rasch abflauenden Turbulenz.

Beim zweiten Typ von Lagerstätten, der im süddeutschen Mesozoikum am häufigsten verwirklicht ist, liegen die Echinodermen auf der Dachfläche einer Schillbank, eingebettet in einem darüberfolgenden pelitischen Sediment. Für diese Bänke läßt sich vielfach Entstehung während einer Periode reduzierter Sedimentanlieferung nachweisen (weite flächenhafte Erstreckung, bankinterne Resedimentation, Phosphoritkongregationen, viel fixosessiles Benthos). Die neu einsetzende Sedimentation deutet eine tieferegreifende Wende der Sedimentationsverhältnisse an (ROSENKRANZ 1971, 253), die durch ein so ephemeres Ereignis wie einen Sturm nicht erklärt werden kann. Die Plötzlichkeit des Umschwungs schließt auch eine Änderung der Meerestiefe als Ursache aus. Man wird wohl eher mit einer Änderung der Strömungsverhältnisse rechnen müssen.

Vergleicht man die beschriebene Seeigelgruppe mit den häufigeren Typen von Echinodermenlagerstätten in Flachseesedimenten (ROSENKRANZ 1971), so hat sie mit ihnen die Konservierung durch Obrution gemeinsam. Die Verkettung von Umständen, die zur speziellen Form der Erhaltung im vorliegenden Fall führte, ist aber so exzeptionell, daß die Entstehung dieser „Kleinstlagerstätte“ wohl singular sein dürfte.

Literatur:

- AGASSIZ, L. (1840): *Catalogus systematicus ectyporum echinodermatum fossilium musei neocomensis.* — 20 S.; (O. Petitpierre) Neuchâtel.
- ALDINGER, H. (1968): *Die Palaeogeographie des schwäbischen Jurabeckens.* — *Eclogae geol. Helv.*, 61 (1), 167—182, 10 Abb.; Basel.
- BINYON, J. (1966): *Salinity Tolerance and Ionic Regulation.* — In R. A. BOOLOOTIAN (Hrsg.): *Physiology of Echinodermata*, 359—377, 3 Abb., 6 Tab.; (Wiley) New York, London & Sidney.
- BLOOS, G. (1971): *Untersuchungen über Bau und Entstehung der feinkörnigen Sandsteine des Lias α (Hettangium und tiefstes Sinemurium) im schwäbischen Sedimentationsraum.* — Diss. Univ. Stuttgart [Mskr.].
- COLEMAN, J. M. & GAGLIANO, S. M. (1965): *Sedimentary structures: Mississippi River Deltaic Plain.* — In G. V. MIDDLETON (Hrsg.): *Primary Sedimentary Structures and their Hydrodynamic Interpretation.* — *Soc. Econ. Palaeontologists and Mineralogists, Spec. Publ.*, 12, 133—148, 9 Abb., 1 Tab.; Tulsa (Oklah.).
- CURRAY, J. R. (1960): *Sediments and History of Holocene Transgression, Continental Shelf, Northwest Gulf of Mexico.* — In: F. P. SHEPARD & F. B. PHLEGER & T. H. VAN ANDEL (Hrsg.): *Recent Sediments, Northwest Gulf of Mexico*, 221—266, 19 Abb., 3 Tab.; Publ. Amer. Assoc. Petroleum Geologists; Tulsa (Oklah.).
- DESOR, E. (1858): *Synopsis des échinides fossiles.* — 490 S., 44 Taf.; (Reinwald) Paris & (Kreidel & Niedner) Wiesbaden.
- DÖRJES, J. (1971): *Der Golf von Gaëta (Tyrrhenisches Meer). IV. Das Makrobenthos und seine küstenparallele Zonierung.* — *Senckenbergiana marit.*, 3, 203—246, 1 Taf., 15 Abb., 4 Tab.; Frankfurt a. M.
- DÖRJES, J. & GADOW, S. & REINECK, H.-E. & SINGH, I. B. (1970): *Sedimentologie und Makrobenthos der Nordergründe und der Außenjade (Nordsee).* — *Senckenbergiana marit.*, 2, 31—59, 10 Abb., 3 Tab.; Frankfurt a. M.
- DREXLER, E. (1959): *Foraminiferen und Ostracoden aus dem Lias von Siebeldingen/Pfalz.* — *Geol. Jb.*, 75, 475—554, 7 Taf., 25 Abb.; Stuttgart.
- EMERY, K. O. (1960): *The sea off Southern California: a habitat of petroleum.* — 366 S., 1 Taf., 248 Abb., 31 Tab.; (Wiley) New York.

- ENGEL, TH. (1892): Über einige neue Echinodermen des schwäbischen Jura. — Jh. Ver. vaterl. Naturkde. Württ., **48**, XLVII—LV, Taf. II; Stuttgart.
- (1908): Geognostischer Wegweiser durch Württemberg. — 645 S., 6 Taf., 261 Abb., 5 Profil-taf., 4 geol. Landschaftsbilder, 1 geogn. Übersichtskarte; 3. Aufl. (Schweizerbart) Stuttgart.
- FEDER, H. & CHRISTENSEN, A. M. (1966): Aspects of Asteroid Biology. — In R. A. BOOLOOTIAN (Hrsg.): *Physiology of Echinodermata*, 87—127, 7 Abb., 3 Tab.; (Wiley) New York, London & Sidney.
- FELL, H. B. (1966): Diadematacea. — In: R. C. MOORE (Hrsg.): *Treatise on Invertebrate Paleontology*, Part U, Echinodermata 3, Bd. 1, U 340—U366a, Fig. 255—271; New York.
- GADOW, S. (1971): Der Golf von Gaëta (Tyrrhenisches Meer). I. Die Sedimente. — *Senckenbergiana marit.*, **3**, 103—133, 12 Abb., 3 Tab.; Frankfurt a. M.
- GOLDRING, R. & STEPHENSON, D. G. (1972): The depositional environment of three Starfish Beds. — *N. Jb. Geol. Paläont., Mh.*, 1972 (10), 611—624, 4 Abb.; Stuttgart.
- HÄNTZSCHEL, W. & REINECK, H.-E. (1968): Fazies-Untersuchungen im Hettangium von Helmstedt (Niedersachsen). — *Mitt. Geol. Staatsinst. Hamburg*, **37**, 5—39, 16 Taf., 1 Abb., 3 Tab.; Hamburg.
- HERTWECK, G. (1971): Der Golf von Gaëta (Tyrrhenisches Meer). V. Abfolge der Biofazies in den Vorstrand- und Schelfsedimenten. — *Senckenbergiana marit.*, **3**, 247—276, 1 Taf., 3 Abb.; Frankfurt a. M.
- HOFFMANN, K. (1963): Die Verbreitung primär-bituminöser Gesteine im westdeutschen Lias. — *Erdöl und Kohle*, **16**, 741—747, 3 Abb., 1 Tab.; Hannover.
- MOORE, D. G. & SCRUTTON, P. C. (1957): Minor internal structures of some recent unconsolidated sediments. — *Bull. Amer. Assoc. Petroleum Geologists*, **41**, 2723—2751, 16 Abb., 1 Tab.; Tulsa (Oklah.).
- MOORE, H. B. (1966): Ecology of Echinoids. — In: R. A. BOOLOOTIAN (Hrsg.): *Physiology of Echinodermata*, 73—85; (Wiley) New York, London & Sidney.
- MORTENSEN, TH. (1940): A monograph of Echinoidea. Vol. III: Aulodonta with additions to Vol. II (Lepidocentroidea and Stirodonta). — 370 S., 77 Taf., 197 Abb.; (Reitzel) Kopenhagen.
- POMEL, A. (1883): Classification méthodique et genera des échinides vivants et fossiles. — 131 S., 1 Taf.; (A. Jourdan) Alger.
- REINECK, H.-E. & DÖRJES, J. & GADOW, S. & HERTWECK, G. (1968): Sedimentologie, Faunen-zonierung und Faziesabfolge vor der inneren Deutschen Bucht. — *Senckenbergiana lethaea*, **49** (4), 261—309, 2 Taf., 16 Abb., 2 Tab.; Frankfurt a. M.
- REINECK, H.-E. & GUTMANN, W. F. & HERTWECK, G. (1967): Das Schlickgebiet südlich Helgoland als Beispiel rezenter Schlickablagerungen. — *Senckenbergiana lethaea*, **48** (3/4), 219—275, 12 Abb., 7 Taf., 2 Tab.; Frankfurt a. M.
- REINECK, H.-E. & SINGH, I. B. (1971): Der Golf von Gaëta (Tyrrhenisches Meer). III. Die Gefüge von Vorstrand- und Schelfsedimenten. — *Senckenbergiana marit.*, **3**, 185—201, 4 Taf., 3 Abb., 2 Tab.; Frankfurt a. M.
- ROSENKRANZ, D. (1971): Zur Sedimentologie und Ökologie von Echinodermen-Lagerstätten. — *N. Jb. Geol. Paläont., Abh.*, **138** (2), 221—258, 10 Abb.; Stuttgart.
- RÜGER, L. (1922): Die Rhät-Lias- α -Ablagerungen der Langenbrückener Senke. — *Diss. Univ. Heidelberg*, 112 S., 2 Taf., 3 Abb.; Heidelberg.
- RUHRMANN, G. (1971): Riff-nahe Sedimentation paläozoischer Krinoiden-Fragmente. — *N. Jb. Geol. Paläont., Abh.*, **138** (1), 56—100, 22 Abb., 3 Tab.; Stuttgart.
- SCHÄFER, W. (1962): *Aktuo-Paläontologie nach Studien in der Nordsee*. — 666 S., 36 Taf., 277 Abb.; (Kramer) Frankfurt a. M.
- SCHLOZ, W. (1972): Zur Bildungsgeschichte der Oolithenbank (Hettangium) in Baden-Württemberg. — *Arb. Inst. Geol. Paläont. Stuttgart*, N. F. **67**, 101—212, 18 Taf., 40 Abb., 11 Tab.; Stuttgart.
- SEIBOLD, E. (1965): Der Große Belt in seiner Bedeutung für die rezenten Sedimente in der Ostsee. — *Baltica*, **2**, 139—166, 17 Abb., 1 Tab.; Vilnius [Wilna].
- SEILACHER, A. (1955): Spuren und Fazies im Unterkambrium. — In O. H. SCHINDEWOLF & A. SEILACHER: *Beiträge zur Kenntnis des Kambriums in der Salt Range (Pakistan)*. — *Akad. Wiss. Lit. Mainz, math.-nat. Kl., Abh.*, **10**, 1955, 373—399, Taf. 22—27, 6 Abb.; Wiesbaden.
- TORNQUIST, A. (1908): Die Diadematoïden des württembergischen Lias. — *Z. dt. geol. Ges.*, **60**, 378—430, 5 Taf., 10 Abb.; Stuttgart.
- WERNER, F. (1968): Gefügeanalyse feingeschichteter Schlicksedimente der Eckernförder Bucht (westliche Ostsee). — *Meyniana*, **18**, 79—105, 2 Taf., 10 Abb.; Kiel.

Nachtrag während des Drucks

Ein Vortrag von G. ERNST, Braunschweig, über „Aktuo-paläontologische Untersuchungsergebnisse bei Mittelmeer-Echiniden und deren Anwendung auf fossile Formen“, gehalten am 5. Oktober 1973 anlässlich der 43. Jahresversammlung der Paläontologischen Gesellschaft in Frankfurt a. M., und eine anschließende Aussprache brachten folgende in diesem Zusammenhang wichtige Beobachtungen [Anmerkungen des Verfassers in Klammern]:

1. Panzer irregulärer Seeigel können, wie ihr Bewuchs, vor allem durch Serpeln, zeigt, mehrere Jahre auf dem Grund liegen ohne zu zerfallen. [Eine Rolle spielt dabei wahrscheinlich eine festere Verbindung der Panzerplatten.]

2. Die Panzer besitzen eine unbewachsene Liegefläche. Das zeigt, daß die Panzer während der Dauer des Bewuchses nicht bewegt worden sind, obwohl die Tiefe im Fundgebiet nur etwa 15 m beträgt, und Stürme in der Adria nicht selten sind. [Dies ist ein weiterer Hinweis darauf, wie flach das süddeutsche Lias-Meer mit seinen häufigen Sedimentbewegungen zur Zeit des Hettangiums gewesen sein muß.]

3. Seeigel sinken nicht mehr ab, wenn sie an der Luft geschüttelt werden [im vorgetragenen Fall geschah es manuell; sonst geschieht es wohl in der Gischt von Wellenkämmen und in der Brandung]. Dabei wird etwas Körperflüssigkeit ausgepreßt und durch Luft ersetzt, die die Tiere offenbar nicht mehr verdrängen können. Tiere, die, vom Grund aufgewirbelt, nicht an die Luft gelangen, sinken dagegen wieder zum Grund zurück. [In diesem Zusammenhang ist dann immer noch die Frage, ob sie nicht langsamer als die Hauptmasse des Sediments absinken und so einer letalen Überschüttung entgehen.]

Anschrift des Verfassers:

Dr. Gert Bloos, Staatliches Museum für Naturkunde in Stuttgart, 714 Ludwigsburg, Arsenalpl. 3.

Tafel 1

Fig. 1: Bruchstück der Kolkfüllung mit *Diademopsis helvetica* TORNQUIST.

a: Querbruch.

Rechts Kolkwand, Siltfüllung in ebener Feinschichtung. Links unten ein Seeigel; nur der oberste Teil des Lumens ist mit Silt ausgefüllt und daher körperlich erhalten. Auf dem aus der Bruchfläche herausragenden Ausguß des Lumens ist der Abdruck der Innenseite erkennbar: die Porenpaare der Ambulacralfelder, aber keine Stachelwarzen. Die unterschiedliche Höhe des Sedimentspiegels innerhalb und außerhalb der Corona bei Beginn der Siltsedimentation ist gut erkennbar. Maßstab wie Fig. 1b.

b: Unteransicht desselben Bruchstücks.

Oberer Rand = unterer Rand von Fig. 1a. Rechts Kolkwand. Links oben der in Fig. 1a links unten sichtbare Seeigel. Rechts von dem Exemplar in der Mitte der Außenabdruck eines Bruchstücks im Tonstein. Die Stacheln sind wandparallel eingeregelt und häufen sich im Strömungsschatten der beiden Exemplare.

Maßstab: 10 mm.

Fig. 2: Ausschnitt aus Fig. 1b.

Zwei Exemplare in Normallage. Die Unterseite ist flachgedrückt; sichtbar sind der Abdruck der Innenseite auf der Tonfüllung des Lumens (keine Stachelwarzen) und der Kauapparat in Hohlraumhaltung. Am rechten Exemplar ist der Außenabdruck der unverdrückt erhaltenen Oberseite anpräpariert. Die Setzung läßt die unterschiedliche Lage der Grenze Silt/Ton innerhalb und außerhalb der Coronen deutlich hervortreten.

Pfeil: ? Madreporplatte.

Maßstab: 10 mm.

Plate 1

Fig. 1: Fragment of the sediment filling of the erosional cut with *Diademopsis helvetica* TORNQUIST.

a: Cross fracture.

On the right the wall of the cut. Silt filling horizontal laminated. On the left end of the lower margin one specimen, only the uppermost part of the internal cavity of which is filled with silt and therefore preserved undistorted. On the silt filling of the internal cavity standing out of the surface of fracture the internal mould is visible: the pore pairs of the ambulacra, but no tubercles. The different level of the bedding plain within and outside of the corona is visible.

Scale like fig. 1b.

b: Bottom side of the same fragment.

Upper margin = lower margin of fig. 1a. On the right wall of the cut. Upper margin on the left: the specimen of fig. 1a. On the right of the specimen in the middle the external mould of a fragment in the shale. The spines are orientated parallel to the walls of the cut and concentrated in the lee of the two specimens.

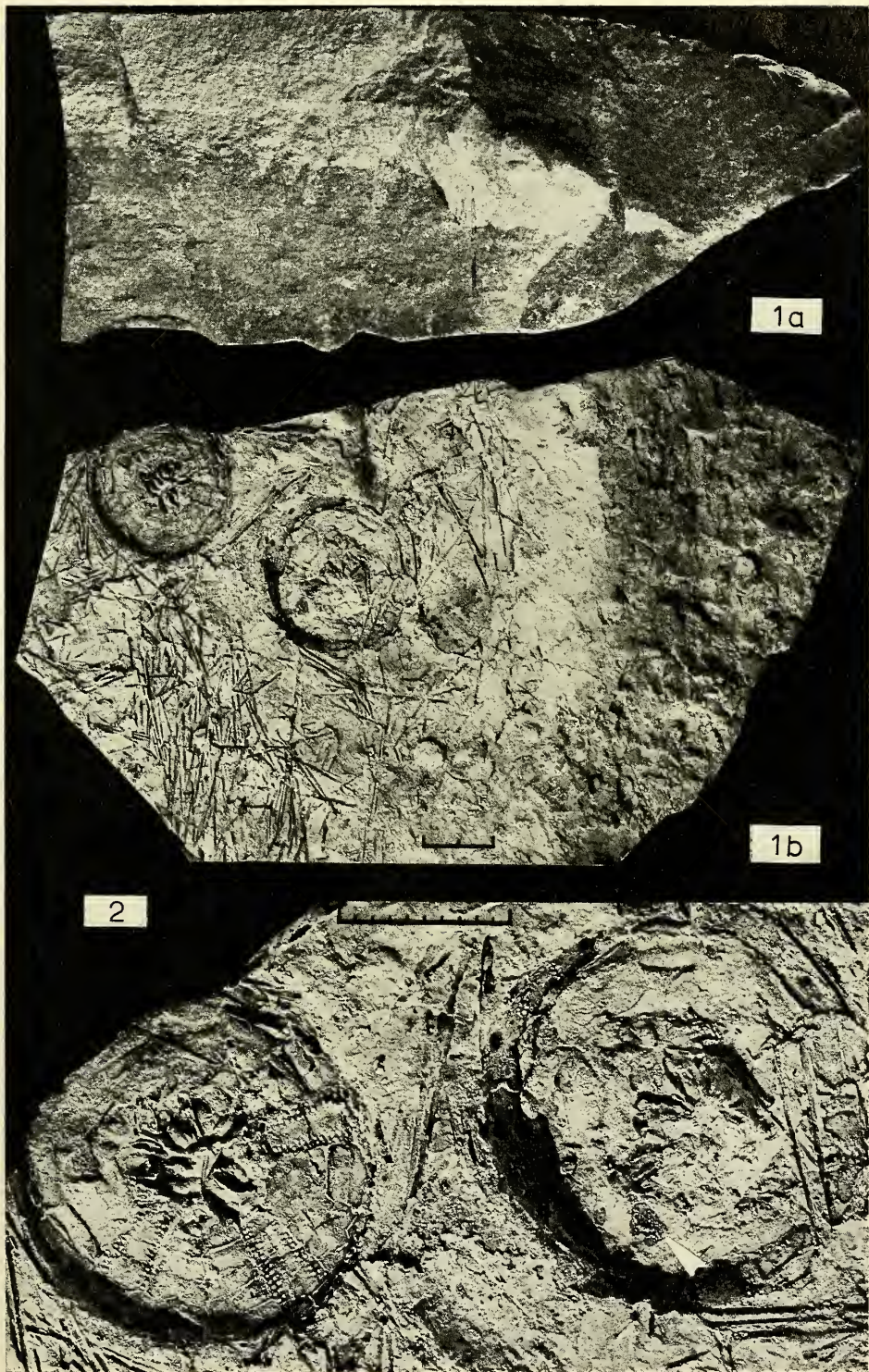
Scale: 1 cm.

Fig. 2: Part of fig. 1 b.

Two specimens in normal position. The lower part is flattened. Visible is the inner mould in the shale filling (no tubercles) and the lantern (dissolved by weathering). The external mould of the upper side of the specimen on the right is partially visible. Compaction makes visible the different level of the boundary silt/shale within and outside of the specimens.

Arrow: ? madreporite.

Scale: 10 mm.

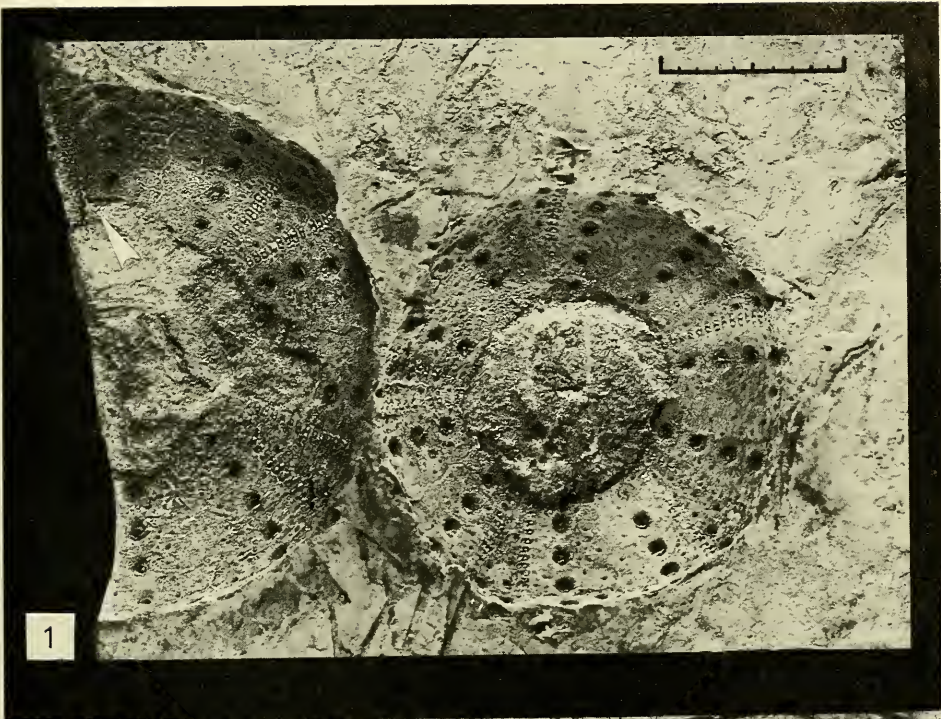


Tafel 2

- Fig. 1: Zwei Exemplare in Normallage, Außenabdruck der Oberseite im Siltstein. Das Apikalsystem ist abgefallen. Beginnender Zerfall der linken Corona (Pfeil: abgefallene Interambulacralplatte); unregelmäßige, nicht den Plattengrenzen folgende Abschnitte im Verlauf des adapikalen Coronenrandes sind präparationsbedingt.
Maßstab: 10 mm.
- Fig. 2: Mehrere Exemplare, Außenabdruck der im Siltstein eingebetteten Teile.
Links: Exemplar in Normallage (Oberseite); beginnender Zerfall der Corona (Pfeil).
Großes Exemplar in inverser Lage (Unterseite); Peristom und Kauapparat sind nicht erhalten.
Unterer Bildrand, Mitte: Anschnitt eines Exemplars in inverser Lage (Unterseite nahe dem Ambitus: sehr große Sekundärwarzen auf dem Interambulacralfeld links; Konvergenz der Porenpaare in Richtung Peristom).
Rechte untere Bildecke: Großes Bruchstück einer Oberseite, über das große Exemplar gelegt.
Rechter Bildrand, sehr dunkel: Bruchstück einer Unterseite, über das große Exemplar gelegt;
Orientierung des zugehörigen Ambitus: senkrecht zur Bildebene.
Die Grenze Silt-/Tonstein liegt im Zwischenraum zwischen der großen Corona und den Fragmenten höher als außerhalb.
Maßstab: 10 mm.

Plate 2

- Fig. 1: Two specimens in normal position, external mould of the upper side in the siltstone. The apical system has fallen off. Beginning disintegration of the corona on the left (arrow: interambulacral plate fallen off); irregular parts of the adapikal margin of the corona which do not follow the plate boundaries are caused by preparation.
Scale: 10 mm.
- Fig. 2: Several specimens, external moulds of the parts embedded in the siltstone.
On the left specimen in normal position (upper side). Beginning disintegration of the corona (arrow).
Large specimen in upside down position (bottom side), peristome and lantern are not preserved. Lower margin of the figure, middle: part of a corona in upside down position (bottom side near the ambitus: large secondary tubercles on the interambulacrum on the left, pore pairs converging to the peristome).
Lower margin, right corner: fragment of a corona (upper side) laid over the large specimen.
Right margin, very dark: fragment of a corona (lower side) laid over the large specimen in side position (ambitus at right angles to the bedding plane).
In the space between the large corona and the fragments the siltstone/shale boundary rises above the same boundary out of it.
Scale: 10 mm.

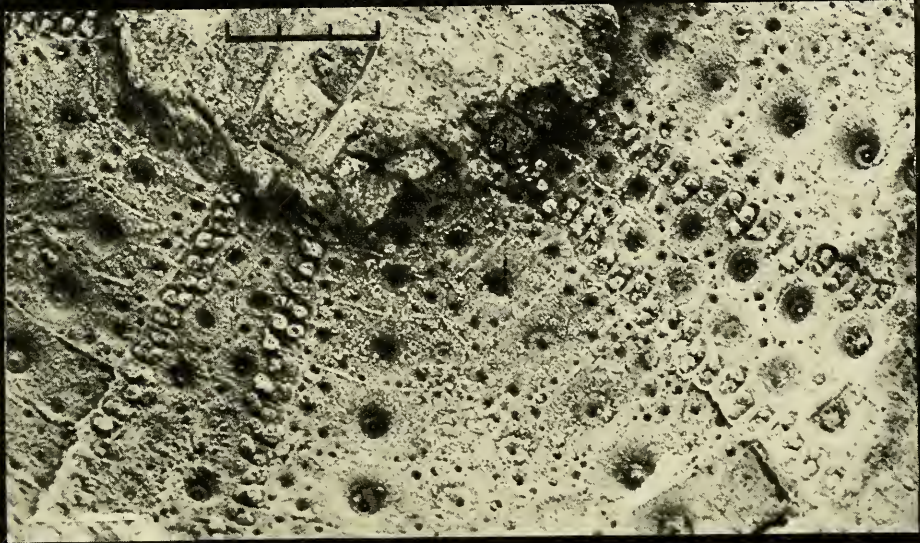


Tafel 3

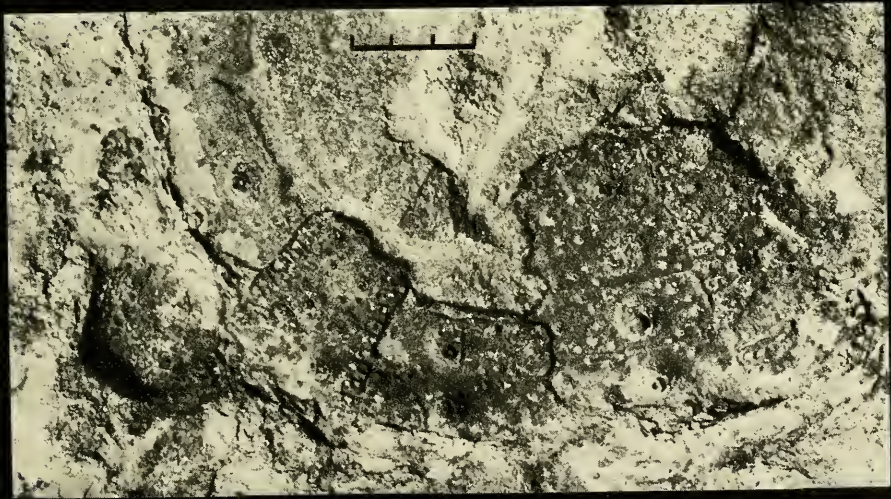
- Fig. 1: Ausschnitt aus dem großen Exemplar der Fig. 2 auf Taf. 2 (linke Seite der Corona) zur Darstellung der Feinsulptur. Auf den Ambulacralfeldern lassen sich die Grenzen zwischen den Primärtäfelchen erkennen, besonders auf dem rechten Feld.
Maßstab: 3 mm.
- Fig. 2: Corona in beginnender Auflösung. Entlang des oberen Randes haben sich bereits mehrere Platten gelöst.
Maßstab: 3 mm.

Plate 3

- Fig. 1: Part of the large specimen in pl. 2 fig. 2 (left side of the corona) to show details of sculpture. On the ambulacra the boundaries between the primary plates are visible, especially on the right ambulacrum.
Scale: 3 mm.
- Fig. 2: Beginning disintegration of a corona. Along the upper margin of the corona several plates have already fallen off.
Scale: 3 mm.



1



2

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Stuttgarter Beiträge Naturkunde Serie B \[Paläontologie\]](#)

Jahr/Year: 1973

Band/Volume: [5_B](#)

Autor(en)/Author(s): Bloos Gert

Artikel/Article: [Ein Fund von Seeiegeln der Gattung Diademopsis aus dem Hettangium Württembergs und ihr Lebensraum 1-25](#)