Die Bedeutung der Seelilien und Seesterne für die Erkennung von Wasserbewegung nach Richtung und Stärke.

Von

Hans Klähn

(Rostock).

Mit Tafel XXVI—XXXIV.

Für die Beantwortung der Frage nach der Entstehung eines subaquatischen Sedimentgesteines ist die Kenntnis derjenigen Faktoren, welche zur Zeit der Sedimentgenese im Wasser selbst tätig waren, von gewisser Bedeutung. Zu diesen gehört die Bewegung desselben, wobei ich jedoch nicht an diejenige im eigentlichen Küstengebiete denke, welche unter dem Einflusse der Gezeiten oder des Windstaues steht. Hiemit haben sich in letzter Zeit Weigelt, Richter und auf ihre Anregung hin eine Reihe anderer Forscher beschäftigt; bei diesen Untersuchungen spielt die Art der Lage der Fossilien im Sediment eine große Rolle, und diejenige Forschungsrichtung, welche auf die Lagebeziehungen zueinander und zum Sediment einen besonderen Wert legt, nennt Weigelt[1]) Biostratonomie. Wohl geschieht dies auch im vorliegenden Falle, doch handelt es sich hier nicht um Wattengebiete, wie sie für die Nordsee charakteristisch sind, auch nicht um Strandsäume ähnlich denen der Ostsee, welche von der durch Windstau erzeugten Wellenbewegung bearbeitet werden, vielmehr habe ich die Bewegung in küstenferneren Regionen der fossilen Epikontinentalmeeresteile im Auge, in welchen die an relativ ruhiges und verhältnismäßig tiefes Wasser angepaßten Crinoiden und Seesterne gedeihen konnten.

Wenn auch den Schelfmeeren nur der Charakter der Flachsee zukommt und sie nur buchten-, golf-, nebenmeerartige Ausläufer eines Ozeans darstellen (als Beispiel soll das „Posidonienmeer" angeführt werden), welche teilweise gerne als „stille Buchten" bezeichnet werden, so war doch in solchen fossilen „ruhigen" Meeresteilen die Ruhe nur eine relative, denn erstens mußten die durch den Wind erzeugten Wellen der offenen See einen ± großen Einfluß auf den Boden des Meeres und dessen Fauna dort

[1]) J. Weigelt, Üb. Biostratonomie. D. Geologe, Nr. 42, 1927.

ausüben, wo die Tiefe nicht bedeutend war. Diese Wirkung zeigt sich z. B. an der Einklappigkeit der Muscheln, welche nicht nur in strandnahen, sondern auch in vielen küstenferneren Absätzen auftritt. Für Wasserbewegung in küstenferneren Gebieten sprechen auch die vor kurzem von FREBOLD[1a]) im Graptolithenschiefer nachgewiesenen Rippeln. Sodann ist die eventuelle Existenz von Strömungen zu berücksichtigen, wenn auch Großströmungen, wie sie in den Ozeanen auftreten und welche den Meeresboden „glatt zu fegen" imstande sind, nicht in Frage kommen. Den Nachweis derartiger Strömungen oder einseitiger Wasserbewegung hat WEIGELT[2]) mit Hilfe der Lage von Fischen und Hölzern für das Kupferschiefermeer, aber auch für den die lithographischen Schiefer absetzenden Meeresteil, dann ein Schüler WEIGELTS, THOMAS[3]), für das Posidonienmeer erbracht; im letzteren Falle sollen für solche Kleinströmungen beweisend sein die von HAUFF[4]) beobachteten Streifen der Brut von *Dactylioceras commune*, welche 40 cm über Mittel Lias SW—NO, 150—170 cm über Mittel ε, jedoch SO—NW streichen. WEIGELT, welcher ebenfalls die streifenförmige Anordnung der *Coeloceras*-Gehäuse mit Strömungen in der genannten Arbeit in Zusammenhang bringt, führt auf „latente Strömungen" eventuell auch die schwache Krümmung der Teleosaurier zurück, wenn diese nicht, wie WEIGELT offen läßt, mit der eigenen Organisation in Zusammenhang stehen. HAUFF hatte schon bei Abfassung seiner bekannten Arbeit daran gedacht, daß das plötzliche Verschwinden der Posidonomyen, von einer bestimmten Schicht an, an eine Veränderung von Strömungen geknüpft sein könnte. Auch sei auf die mir schriftlich mitgeteilte Ansicht WEIGELTS, daß fünf von ABEL[5]) erwähnte und zu einer Gruppe gehörige Würmer durch Strömungen geknickt seien, aufmerksam gemacht. Es ist ja ganz natürlich, daß man die Orientierung der Strömung auf diese Weise feststellen kann, jedoch kaum die Richtung, von wo sie kommt, wohin sie geht.

Auch sonst wird viel mit Strömungen, welchen allerdings nach der Darstellung einzelner Autoren schon eher der Charakter von Großströmungen zukommt, gearbeitet, wobei die verschiedene Mächtigkeit gleichaltriger Sedimente oder die Art ihrer Lagerung, auch die Verteilung oder die Ausbreitung

---

[1a]) H. FREBOLD, Rippeln im Graptolithenschiefer. Z. f. Geschichtsforsch., 4. Bd., 1928.

[2]) J. WEIGELT, Ganoidfischleichen im Kupferschiefer und in der Gegenwart. Palaeobiologica, I. Bd., 1928.

[3]) E. THOMAS, Genetische Betrachtung üb. d. Lias- u. Neokomablagerung am Fallstein u. ihre Eisenerze. Jahrb. d. Halleschen Verb., 4. Bd.; I. Liefg., 1923.

[4]) B. HAUFF, Untersuchg. d. Fossilfundstätten von Holzmaden usw. Palaeontographica, 64. Bd., 1921/1922.

[5]) Paläontolog. Zeitschr., 1927, S. 236.

von Fossilien — in letzter Hinsicht ist ganz besonders DEECKE[6]) zu nennen, ferner v. IHERING[7]) — berücksichtigt werden. Diese Untersuchungen, so wertvoll sie auch sind, kommen für uns nicht in Frage, sondern der Nachweis der Orientierung und des Woher und Wohin von Wasserbewegungen, und zwar außerhalb von Küstengebieten, wozu die bisher kaum berücksichtigte Lage der Crinoiden und Seesterne herangezogen wird. Doch sollen diese auch dazu benutzt werden, mehrseitige Wasserbewegung dem Grade nach anzugeben.

Es interessieren uns also hier zwei Arten von Bewegungen: 1. mehrseitige und 2. einseitige. Die ersteren werden durch die Wellen, die letzteren durch Strömungen erzeugt. Das Maß der Bewegung beträgt Null, wenn die Wellenkraft nicht bis zum Boden reicht oder eine Strömung fehlt; es können aber von Null aufwärts alle möglichen Intensitätsgrade auftreten. Wie weisen wir aber innerhalb der fossilen küstenferneren Flachmeeresteile mehr- und einseitige Bewegung und deren Intensität nach? Gibt es hierfür Indikatoren von allgemeinerer Bedeutung in der Tierwelt? Überlegt man sich die aufgeworfenen Fragen genauer, so verfällt man auf die festsitzenden Crinoiden, welche mit einem langen, beweglichen Stiel versehen und irgendwie verankert sind; dies bedingt, daß in ruhigem Wasser die Art der Lagerung der abgestorbenen Seelilien eine ganz andere sein muß als in einseitig bewegtem, in diesem wieder anders als in mehrseitig bewegtem Wasser. Dazu kommt, daß die Seelilien sehr leicht zerfallen, und der Grad des Zerfalles muß demjenigen der Wasserbewegung proportional sein. In beschränktem Maße eignen sich zu derartigen Betrachtungen auch die Asterozoen.

Ich werde nun das aufgerollte Problem zuerst mit Hilfe der Seelilien und dann mit Hilfe der Seesterne behandeln.

Es ist mir eine angenehme Pflicht, der Notgemeinschaft der deutschen Wissenschaft für ihre bereitwillige Unterstützung, welche sie meinen Untersuchungen angedeihen ließ, meinen besten Dank auszusprechen. Weiterhin danke ich den Herren Dr. BERCKHEMER-Stuttgart, Dr. HAUFF-Holzmaden, Prof. HAUPT-Darmstadt, Prof. HENNIG-Tübingen und Oberbergrat Prof. STEUER-Darmstadt für ihr Entgegenkommen, indem sie mir die ihnen unterstellten Sammlungen zur Verfügung stellten. Zu besonderem Danke bin ich Herrn Prof. WEIGELT für Literaturhinweise verpflichtet, sodann Herrn Dr. BERCKHEMER, welcher für mich Lichtbilder herstellen ließ, und Herrn Prof. HAUPT für Hilfe beim Photographieren.

---

[6]) W. DEECKE, Mitteleuropäische Meeresströmungen d. Vorzeit. Ber. d. Heidelb. Akad. d. Wissensch., Math.-naturw. Kl., 1923.

[7]) H. v. IHERING, D. Geschichte d. atlant. Ozeans. Verl. G. FISCHER, 1927.

I. Crinoidea.

Wohl keine Tiergruppe ist so geeignet, Wasserbewegungen der Richtung und dem Grade nach anzugeben wie die langstieligen festsitzenden Crinoideen. JAEKEL[8]) glaubt, daß auch die ungleichartige Ausbildung der Arme (die oberen sind größer als die unteren) des festgewachsenen stiellosen Crinoiden *Holopus rangii* D'ORB., welcher lebend im westindischen Meere in Tiefen von 100—200 m vorkommt, ebenso die schiefe Stellung des Kelches auf den Einfluß von Strömungen zurückgeht. Die Tiere sollen wie die Pflanzen ihre Blüten und Blätter dem Licht, so ihre animalen Organe dorthin gekehrt haben, von wo die Nahrung kam, d. h. sie haben den Kelch und die kurzen massigen Arme der Strömungsrichtung zugekehrt. Es handle sich um eine Anpassungserscheinung an die Lebensweise im strömenden Wasser. A. HENNIG[9]) greift den Gedanken JAEKEL's auf und schließt aus der Anwachsstellung der im Danium von Faxe (Dänemark) und Annetrop (Schonen) vorkommenden *Cyathidium holopus* STEENSTR., welches dem rezenten und eozänen *Holopus* nahesteht, auf die Anwesenheit eines „Golfstroms" Er meint auch, daß die Kelche gegen (wie JÄCKEL bei *Holopus* annimmt) die Strömung geneigt seien; ähnliches gilt für die Arme. Entsprechendes beobachtet HENNIG an der Koralle *Parasmilia lindströmi* HENNIG, welche ebenfalls im Danium auftritt. Man könnte jedoch auch annehmen, daß die Kelche der Herkunftsrichtung der Strömung ab gewendet waren, wie dies bei den später zu besprechenden langstieligen Seelilien wohl auch der Fall war, soweit sie sich in orientiert bewegtem Wasser aufhielten.

Man sieht also, daß mit Hilfe des stiellosen *Cyathidium holopus* wohl die Anwesenheit und Orientierungslinie der Wasserbewegung konstatiert werden kann, aber nicht das Wohin und Woher derselben. Für uns kommen nun 2 Gruppen von Crinoiden in Betracht: 1. die Gruppe der bodenständigen Formen, welche wie *Encrinus* eine echte Wurzel besitzen, mit welcher sie sich auf dem Boden festsetzen, und 2. die Gruppe der gelegentlich angehefteten Typen, welche, wie dies von *Pentacrinus* angenommen wird, frei schweben können, sich jedoch auch mit Cirren an irgendwelche Gegenstände, etwa an Baumstämme, welche ins Meer gelangten, oder auf dem Meeresschlamm selbst ± festsetzen können. Die letzteren Formen gehören

---

[8]) O. JAEKEL, Üb. Holopocriniden, mit besonderer Berücksichtigung der Stramberger Formen. Z. d. d. g. G., 43. Bd., 1891.

[9]) A. HENNIG, Studier öfver den baltiska yngre Kritans bildminshistoria. Geolog. Föreningers i Stockholm Förhandingar, 21. Bd., 1899, Nr. 191, S. 166 ff. Auf diese Stelle machte mich Herr WEIGELT aufmerksam.

zu EHRENBERG'S[10]) „semisessilen" Typen. Besitzen die Vertreter der genannten Gruppen einen ± langen Stiel, was für unsere Betrachtungen Voraussetzung ist, so wird dieser beim oder kurz nach dem Absterben des Tieres eine der Richtung der Wasserbewegung entsprechende Lage im Sediment einnehmen, vorausgesetzt, daß dieselbe nicht zu heftig ist, was zur Zerreißung führt. Die Art der Erhaltung, also der nicht oder ± zerrissene Zustand der abgesetzten Seelilien muß dem Grad der Wasserbewegung entsprechen.

Rein theoretisch betrachtet, werden folgende Möglichkeiten in Frage kommen:

1. In ganz ruhigem Wasser sinken die Kronen und Stiele langsam zu Boden, was nach demselben Prinzip vor sich geht, nach welchem eine Anzahl von Fäden, deren eines Ende auf dem Boden eines hohen mit Wasser gefüllten Standglases befestigt ist, während sie selbst in dem Wasser schweben, nach Durchtränkung mit diesem niedersinken. Sie verheddern und verknäueln sich in mannigfachster Weise, durchschlingen sich und lassen jegliche Orientierung vermissen; dasselbe ist bei Seerosen der Fall, welche in einem ruhigen Teich zu Boden sinken (nichtorientierte Lagerung).

2. In einseitig bewegtem Wasser müssen, wie dies ohne weiteres verständlich ist, die festsitzenden Seelilien nach dem Absterben in Richtung der Wasserbewegung umgelegt werden und parallel derselben liegen bleiben, wobei natürlich Schwankungen von einigen Grad um die mittlere Bewegungsrichtung des Wassers keine Rolle spielen (orientierte Lagerung).

Hiebei ist für die Art der Erhaltung der Grad der Wasserbewegung ausschlaggebend. Ist diese eine geringe, so bleiben Wurzel, Stiel und Krone intakt, ist sie jedoch etwas stärker, so kann der Stiel von der Wurzel getrennt werden oder auch Zerfall in einzelne Stücke kann eintreten. Einen höheren Grad der einseitigen Wasserbewegung berücksichtige ich hier nicht.

3. In mehrseitig bewegtem Wasser, wie solches unter dem Einflusse des Windes entsteht, indem derselbe das Wasser in mindestens zwei entgegengesetzten Richtungen aufwellt, wird bei schwacher Pendel-

---

[10]) Der Terminus „semi-sessil" wurde zuerst von K. EHRENBERG angewendet (Über eingerollte Pelmatozoenstiele..., Acta Zoologica, III, Stockholm 1922, p. 297, Anm. 49) und nicht von K. Ch. BERINGER, der ihn 4 Jahre später wie einen neuen einführte (Die Pentacriniten des schwäbischen Posidonienschiefers, Jahresb. d. Ver. f. vaterl. Naturkunde in Württemberg, 82. Jg., 1926. — Dissert. Tübingen), obwohl er EHRENBERG'S obgenannte Arbeit gekannt und zitiert hat. (Vgl. K. EHRENBERG, Festheftung u. Wurzelbildung bei Pelmatozoen, Pal. Z. 10, 1, p. 45, Anm. 2, und Pelmatozoan root forms (Fixation), Bull. Am. Mus. Nat. Hist. New York 59, p. 12, Anm. 2.)

bewegung kein oder nur ein schwaches Zerreißen der Crinoiden eintreten. Die Lage derselben muß eine wirre sein und derjenigen ähneln, welche in ruhigem Wasser resultiert, was zu einer Konvergenz führt, welche im Einzelfall nur unter Berücksichtigung der Sedimentfolge geklärt werden kann. Bei starken Bewegungen jedoch müssen die Crinoiden in Einzelstücke zerfallen, deren Größe von der Intensität der Bewegung abhängt. Totalzerfall, bedingt durch einen verhältnismäßig hohen Grad derselben, führt zur Bildung der Crinoidenbreccien. Diese werden sich jedoch nur unter Annahme einer Veränderung der Wasserbewegung im Laufe der Vegetation eines Crinoidenrasens bilden können, denn die Crinoiden sind an sich ruhigem Wasser angepaßt. Ob (periodisch) einsetzende, besonders starke Stürme oder durch epirogenetische Bewegungen bedingte Verflachungen der betreffenden Gebiete anzunehmen sind, ist eine Frage für sich.

Für die theoretisch angenommenen Möglichkeiten sollen nun Beweise erbracht werden.

1. Ruhiges Wasser.

Wir wollen von den Pentacriniten des Lias ε Württembergs ausgehen, welchen BERINGER eine besondere Beachtung geschenkt hat (Fußnote 10). Die Schichten, in welchen speziell die Holzmadener Stücke auftreten, sind nach HAUFF[11]) nicht wirr durch das ganze Epsilon verteilt, sondern auf einen etwa 100 — 110 cm mächtigen Komplex beschränkt. Es sind der „Tafelfleins" (I_2), der „Seegrasschiefer" (I_3), der Mergel (I_4), der „Koblenzer" ($II,_1$), der Hainzen ($II,_2$) und der „Fleins" ($II,_3$).

Das Posidonienmeer wird allgemein als ein ruhiges angesehen, und einen Beweis hiefür liefert das in einzelnen Lagen auf weitere Entfernungen hin gleichartige Sediment, welches einen fossilen Sapropelschlick darstellt[12]). Allerdings war die Wellenbewegung eine derartige, daß die meisten Gehäuse der Posidonomyen, Inoceramen usw einklappig vertreten sind und die für bewegtes Wasser charakteristische Rückenlage zeigen (WEIGELT, RICHTER). Um diesen Effekt hervorzurufen, könnten eventuell gelegentlich auftretende schwere Seegänge genügen, so daß im allgemeinen die Ruhe des Meeres in der Tiefe nicht allzu sehr gestört wurde. In allen Sammlungen sind die umgebogenen Exemplare von *Pentacr.*

[11]) B. HAUFF, Untersuchg. d. Fossilfundstätten von Holzmaden im Posidonienschiefer des oberen Lias Württembergs. Paläontogr., 64. Bd., 1921/1922.

[12]) Auf die Ansichten POMPECKJ's bezüglich des Sauerstoffgehaltes in verschiedenen Tiefen des Posidonienmeeres will und brauche ich hier nicht einzugehen, denn darüber berichten HAUFF, ABEL, BERINGER, WEIGELT u. a. Aber auch ich bin der Ansicht, daß die Sauerstoffverhältnisse am Grunde des Posidonienmeeres nicht immer derartig ungünstige waren, daß ein Tierleben dort ausgeschlossen war. Seelilien konnten auf jeden Fall zu bestimmten Zeiten existieren, wie ich in einer demnächst erscheinenden Arbeit auseinandersetze.

subangularis MILL. zu sehen, welche eine bestimmte Orientierung ganz vermissen lassen. Als Beispiel sei das Einzeltier mit cirrenbesetzter Endspitze zu erwähnen, welches BERINGER l. c. auf Tafel Ia abbildet (Nr. 20). Offenbar saß dies Stück mit dem cirrenbesetzten Ende im Schlamm. Kleine Zerreißungen, wie man sie öfters beobachtet, können mit dem ungleichmäßigen Setzen des Sediments zusammenhängen. Noch schöner zeigt die nichtorientierte Lagerung ein Exemplar auf einer 175×240 cm großen Platte, welche ich bei Herrn Dr. HAUFF sah (Taf. XXVI). 14 Exemplare von *Pentacr. subangularis* MILL. und *subangularis parvus* BER. sind mit wurzelartigen Cirren am Boden befestigt; Holz wurde beim Präparieren nicht gefunden, übrigens ein Beweis für die Ansicht von E. HENNIG's Schüler BERINGER, daß die Pentacrinen nicht, wie HAUFF meint, nur freischwimmend oder auf Holz pseudoplanktonisch lebten. Die wirre Lagerung ist sehr deutlich, nachträgliche Zerreißungen sind nicht selten.

Ebenso deutlich tritt die für ruhiges Wasser sprechende Lagerung bei dem Prachtstück der Stuttgarter Sammlung, welches BERCKHEMER im „Führer" durch das Naturalienkabinett (5. Aufl. 1926) und BERINGER l. c. (dort Fig. 1 b) wiedergibt, hervor. Die Platte ist 258 × 344 cm groß, stammt aus dem Fleins $II_{,3}$ und ist nach Angaben von Dr. HAUFF von unten präpariert, so daß also dem Beschauer die Unterfläche des Schiefers zugekehrt ist. Oben und unten (im Bild) sowie rechts und links ist der 2,50 m lange, stark zusammengedrückte gagatisierte Baumstamm von Inoceramen *(Inoc. dubius)* besiedelt. Diesem sitzen direkt, so weit man sehen kann, einzelne Pentacrinenstiele auf, welche von Inoceramenschalen umgeben werden, andere Stiele bzw. deren Cirren lassen sich nicht bis zu dem Holz verfolgen, Seelilien sitzen oben und unten (im Bild), aber nicht vorne, also auf dem zum großen Teil schalenfreien Teil des Baumstammes. Nach HAUFF handelt es sich um Treibholz, welches im schwimmenden Zustande von Seelilien und Inoceramen bewachsen wurde, eine Ansicht, welche an dieser Stelle nicht diskutiert werden soll, da die uns hier interessierenden Fragen durch Annahme oder Ablehnung der HAUFF'schen Theorie nicht beeinflußt werden[13]). Das Stuttgarter Stück zeigt die knäuelartige Verhedderung der Stiele sehr gut; BERINGER meint, daß dies auf „mechanische Störungen" „deute" und auf „unruhiges Absinken, etwa durch Pendeln oder Schlingern des Stammes infolge von Wasserbewegungen (Stürme usw.)" hinwiese. Da aber auch die weiter oben erwähnte am Boden verankerte Kolonie, welche also nicht einem eventuell schwebenden Holz aufgewachsen war, genau dieselbe nicht orientierte Lage wie das Stuttgarter Exemplar zeigt, so braucht auch für letzteres Schlingern des Stammes nicht verantwortlich gemacht zu werden.

[13]) Ich werde hierauf in einem besonderen Aufsatz „Fossile Treibhölzer" eingehen.

Die mächtigste Platte, welche die Knäuellage von *Pentacr. subangularis* zeigt, befindet sich im Atelier HAUFF und ist 18 m lang und 6 m breit (BERINGER, l. c. Nr. 26). Etwa 100 Tiere sind darauf vorhanden und liegen ganz regellos durcheinander. Der Stamm, an welche sie geheftet sind, soll 13 m lang und mit einer großen Zahl von Muscheln besetzt sein.

2. Einseitig bewegtes Wasser.

Ist beim Absterben der Seelilien das Wasser schwach einseitig bewegt, so werden dieselben bei vorwiegend wirrer Lage eine gewisse Orientierung zeigen. Dies zeigt die gewaltige Posidonienschieferplatte, welche QUENSTEDT[14]) als „Medusenhaupt" beschreibt; sie wurde bei Reutlingen gefunden und wird im geologischen Institut von Tübingen aufbewahrt. Leider fehlt das untere Ende der Crinoiden.

Gehen wir einen Schritt weiter, so resultiert eine Lagerung der Seelilien, welche auf ausgesprochen einseitig bewegtes Wasser mit bedeutenderer Strömungsintensität hindeutet, als sie bei dem letzten Fall anzunehmen war.

Auf der schönen Platte des Senckenbergianum (HAUFF l. c. Taf. XXI, ABEL, Lebensbilder, Fig. 442) sitzen an einem Stammstück 12 Exemplare von *Pent. subangularis*, aber die wirre Knäuelstruktur, welche die bisher besprochenen Seelilien mehr oder minder deutlich zeigen, wird hier durch Parallellagerung ersetzt. BERINGER meint, daß „bei sehr langsamem und ruhigem Umlegen und Absinken" — „jene ungestörte Erhaltung" — „erfolgt" sei. Doch ist ja gerade die einseitige Lage aller Seelilien auffallend, welche nicht bei ruhigem „Umlegen" entstanden sein kann; da hätten sich doch einige Seelilien auch nach der anderen Seite legen müssen. Das Wasser muß einseitig bewegt worden sein, wie dies das „Medusenhaupt" von Reutlingen bereits andeutet. Um eine starke Strömung kann es sich jedoch nicht handeln, denn sonst wäre der Kontakt der leicht zerfallenden Kronen- und Stielteile zerstört worden (siehe S. 302). — Dieselbe Erscheinung zeigt auch die im Stuttgarter Museum aufbewahrte Gruppe, welche BERINGER l. c. Fig. 2 abbildet: 8 Exemplare von *Pentacr. subangularis*, welche am Ende der Stiele durch Cirren verbunden werden, „streichen" in ein und derselben Richtung, was in noch großartigerem Maße die von BERINGER (l. c. S. 9, Nr. 24) erwähnte, nach ihm 2 m breite und 5½ m hohe Platte aus dem unteren „Fleins" (Stuttgart Nr. 4471) zeigt. An einem mit Inoceramen bewachsenen Stammstück sitzen verschiedene Exemplare von *Pentacr. Hiemeri (= subangularis)*, und auch die nicht ganz erhaltenen Vertreter dieser Art waren eventuell an dem Holz befestigt. Die mindestens 40 Individuen zählende Population zeigt einseitig gerichtete Parallellage der Stiele, wobei es keine Ausnahme gibt. Das Woher und Wohin der

[14]) A. QUENSTEDT, Schwabens Medusenhaupt. Tübingen 1868.

Strömung gibt der Pfeil (Taf. XXVII, oben) an. Kleine nachträgliche Zerreißungen sind auch hier vorhanden[15]). Endlich sei noch eine Platte aus HAUFF's Atelier (Nr. 358) aufgeführt, auf welcher 7 Pentacrinen vollkommen gleichsinnig orientiert sind. Obschon die Enden der Stiele nicht zu sehen sind, ist sehr wahrscheinlich, daß alle Exemplare an dem Stammstück befestigt waren, welcher vollständig (auch auf der Rückseite) von Inoceramen überwuchert ist und welcher an der oberen Partie künstlich aufgeschlossen ist. Auch hier habe ich durch einen Pfeil die Richtung der Strömung angegeben.

Die genannten Beispiele beweisen, daß das Wasser des schwäbischen Posidonienmeeres zu gewissen Zeiten strömungslos war, aber zeitweise auch einseitig orientiert bewegt wurde, daß also Strömungen vorhanden waren. Es ist natürlich ausgeschlossen, daß die Crinoiden mit Knäuel- und Parallellage auf einer Schieferfläche liegen, eine Ansicht, welche durch die Aussage des Herrn Dr. HAUFF bezüglich der Holzmadener Vorkommen bestätigt wurde; es liegt z. B. die Frankfurter Kolonie etwa 2 cm unter der Stuttgarter.

HAUFF sagt, daß die im ganzen Lias ε häufig auftretenden Stammstücke keine bestimmte Richtung, welche auf Strömung schließen ließe, besitzen. Diese kann man aber von ihnen ebensowenig erwarten wie von einem steuerlosen Kahn, welcher einen Fluß hinabtreibt. — Übrigens darf man nicht an Großströmungen denken, wie ich bereits weiter oben sagte. Daß aber zeitweise solche Bewegungen am Grunde des Posidonienmeeres nicht unbedeutend waren, könnte ein ziemlich großer *Lytoceras cornucopiae* (aus dem „unteren Schiefer", II, 4) beweisen, welchen mir Herr Dr. HAUFF zeigte. Er ist allseitig von Ostreen besiedelt, was natürlich erst postmortal vor sich gehen konnte, ebenso wie sich die Inoceramen, welche ich auf einem *Lepidotus* des Lias ε (Tübinger Sammlung) sah, und auf welche mich Herr Prof. HENNIG aufmerksam machte, erst nach deren Tode ansiedelten. Der erwähnte Ammonit mußte zuerst auf der einen Seite gelegen haben, dann wurde er gedreht, was vielleicht eine Strömung bewerkstelligte, und wurde dann auf der freien Seite von Inoceramen bewachsen. Es ist dies eine ähnliche Erscheinung, wie sie manche Steinkerne von *Ceratites nodosus* des Muschelkalkes bekanntlich zeigen. Solche Exemplare besitzen u. a. Tübingen und Stuttgart; das letztere ist allseitig von *Placun. ostracina* bewuchert. Von vorne gesehen ist der Steinkern nicht mehr symmetrisch; die Asymmetrie, mit welcher eine einseitige Reduktion der Knoten verbunden ist, könnte vor der Besiedlung mit Austern entstanden sein, denn diese liegen auf den

[15]) Herr Dr. BERCKHEMER schreibt mir, daß die Platte am unteren Ende noch 120 cm weiter fort mit derselben ± parallelen Anordnung der Stiele reichte, doch wurde das Stück wegen mangelnden Raumes fortgenommen.

Resten der Knoten. Das heißt, der auf der Seite liegende Ammonit wurde zuerst seiner Schale beraubt, in einen Steinkern verwandelt, dann angeäzt (es entsteht Asymmetrie), hierauf von Zweischalern besiedelt, dann wurde der Steinkern umgedreht und von neuem auf der nun nach oben gedrehten Seite besiedelt. Wahrscheinlicher ist, daß die Schale und nicht der Steinkern gedreht wurde, wozu eine geringere und glaubwürdigere Kraft genügt hätte. Die Auflösung der Schale erfolgte später (diagenetisch), wobei die schwerer auflösbare (dickere) Ostreenschale übrig blieb und auf bzw. in den Steinkern „gedrückt" wurde. (Vgl. A. RIEDEL, Beitr. z. Pal. u. Stratigr. d. deutsch. ob. Muschelkalks. Jahrb. d. pr. geol. L. A., 37. Bd., 1916. — A. KUMM, Diagen. und metag. Veränderg. an Ceratiten. 20. Jahresb. d. niedersächs. geol. Ver. zu Hannover. 1927. Auf die hier geäußerten Ansichten kann ich nicht eingehen. Es kommt mir nur auf den Hinweis an, daß die Schalen durch Wasserbewegung gedreht wurden, wobei man eventuell an Strömungen denken könnte.)

Hält man nun nach Analoga zu den gerichteten Crinoiden des Lias ε Ausschau, so findet man sie im unterdevonischen Hunsrückschiefer von Bundenbach, dessen Entstehung sicher ähnlicher Natur wie diejenige der Lias-ε-Ablagerungen ist[16]).

Auch das Hunsrückschiefer-Meer muß im allgemeinen ein strömungsloses gewesen sein. (Nebenbei gesagt, war dieses nicht, wie STÜRTZ meint, eine Tiefseeablagerung; dafür fehlt jeglicher Anhalt.) Und doch fehlt es nicht an Anzeichen, welche auf zeitweilige Kleinströmungen hinweisen. So besitzt das Stuttgarter Naturalienkabinett ein Exemplar von *Triacrinus elongatum* FOLLM. von Bundenbach, welches FRAAS als Original zu Figur 5 auf Tafel XIII seines „Petrefaktensammlers" diente (J. N. 7360). Nicht nur ist der Stiel ganz gerade gestreckt, dies gilt auch für die langen feinen Arme. Dasselbe zeigt ein anderes Stück von 14,4 cm Länge (1887), welches eine ganz leichte Biegung aufweist. Beweisend sind natürlich vor allem solche Platten, auf welchen mehrere gleichgerichtete Stücke liegen. Dies ist der Fall auf einem Schiefer mit 2 Exemplaren von *Triacrinus elongatum* (Stuttgart 7252), deren Tendenz zur Parallellage für ähnliche schwache einseitige Wasserbewegung spricht, wie wir dies beim „Medusenhaupt" sahen. Drei Exemplare der genannten Form von Bundenbach (Stuttgart 7234) verhalten sich ebenso,

---

[16]) Daß auch hier in den Bodenschichten des Wassers zeitweise genügend Sauerstoff vorhanden war, beweisen verschiedene Tiere, wie *Athyris*, Seesterne, Seelilien, welche, wie *Thallocrinus hauchecorni*, auf *Athyris* festgewachsen sind. Dipl. Ingenieur MAUCHER (München) sandte vor kurzem an Prof. HAUPT (Darmstadt) zwei kleine Kolonien von Korallen *(Cyathophyllum?)*, welche natürlich nur auf dem Boden gewachsen sein können.

außerdem zwei Vertreter von *Agriocrinus inermis* (Stuttgart 7309) (Tafel XXVIII, links)[17]). (Man beachte die Pfeilrichtung.)

Während die bisherigen Beispiele als Beleg für die Anwesenheit schwacher Strömungen gelten, sollen nun solche Fälle folgen, welche auf relativ starke Wasserbewegung von einseitiger Orientierung hindeuten. In solchen Fällen müssen die Seelilien Parallellage besitzen, sind jedoch ± zerrissen. Dies ist bei den in vielen Sammlungen vertretenen Platten des unteren Muschelkalkes von Freyburg a. d. Unstrut der Fall (Taf. XXIX, oben), wovon ich solche in Rostock, Stuttgart und Darmstadt[18]) sah. Allerdings zeigt die betreffende Erscheinung nur ein Teil der Freyburger Gesteine, welche jedoch als zu einer Lage gehörig leicht erkannt werden können. In diesen Gesteinen liegen die Vertreter von *Encrinus carnalli* stets in ein und derselben Richtung. Oft sind die Kelche noch vorhanden; doch macht sich ein Zerfall der Crinoiden deutlich bemerkbar. Hie und da kommt es vor, daß ein Kelch nach der entgegengesetzten Richtung umgeschlagen ist, was darauf hindeutet, daß neben einer Hauptbewegungsrichtung auch anders orientierte Bewegungen im Spiele waren; diese letzteren werden vermutlich durch Wellen hervorgerufen, welche auf besonders starke Stürme zurückgehen.

3. Mehrseitig bewegtes Wasser.

Ist der Einfluß, welchen mehrseitig bewegtes Wasser auf den Meeresgrund ausübt, gering, so werden die Crinoiden, wie wir oben bereits erwähnten, im großen und ganzen intakt bleiben, wenn auch Zerreißungen vorkommen können. Die Lage muß unregelmäßig, knäuelartig sein. Dies zeigt die auf Taf. XXX wiedergegebene Platte des unteren Muschelkalkes von Sacrau bei Gogolin in Schlesien, welche mit *Dadocrinus gracilis* L. v. B. besetzt ist (Darmstadt). Daß es sich hier jedoch nicht um Absatz in ruhigem Wasser handeln kann, woran man vielleicht denken möchte, beweist eine andere Platte (Taf. XXXI, oben) eben daher. Auf der Unterseite derselben (dem Beschauer zugekehrt) liegen zahlreiche

[17]) Nach Niederschrift dieser Zeilen lese ich bei HAARMANN (HAARMANN, Botryocriniden u. Lophocriniden d. rhein. Devon. Jahrb. d. pr. geol. L.-A., 41. Bd., 1920), daß er den Tod der Seelilien des Hunsrückschiefers auf Wasserbewegung oder Meeresströmungen zurückführt, was ich der Vollständigkeit halber hier erwähnen will, obschon dies unser Problem nur lose berührt, da HAARMANN nicht weiter auf die Sache eingeht und seine Ansicht nicht begründet.

[18]) Es sei an dieser Stelle auf folgendes aufmerksam gemacht: Dort, wo einzelne Stiele übereinander liegen, sind diese stark angeätzt. Die Ätzung mußte eintreten, bevor das Sediment vollkommen fest war, denn später konnten sich die Stiele nicht mehr in die Ätzmulden hineinbewegen. Es handelt sich offenbar um eine ähnliche Erscheinung, wie man sie an Geröllen mit Eindrücken beobachtet (KESSLER, KUMM).

Exemplare von *Dadocr. gracilis*, welche jedoch noch mehr zerrissen sind als auf der vorigen Platte. (Taf. XXX.) Sie ruhen unter einer unebenen Schicht, welche fast nur aus Crinoiden trümmern besteht (Crinoidenbreccie). Das beweist, daß zuerst das Flachwasser unter mäßigem Einfluß einer mehrseitigen Wasserbewegung stand, welche die Crinoiden umlegte und dabei etwas auseinanderriß; dann wurde die Bewegung stärker, wodurch die nächstfolgende Population einer richtigen Aufarbeitung anheim fiel. Einige Wurzeln blieben dabei stehen, wie die untere Figur auf Taf. XXXI zeigt, welche die Oberseite der in der oberen Figur wiedergegebenen Platte darstellt. Den Schluß der Sedimentation zeigt eine dünne Tonhaut an, welche auf der rechten Hälfte der unteren Figur zu sehen ist.

Wirkt die verhältnismäßig starke mehrseitige Wasserbewegung auf weite Strecken hin ziemlich gleichmäßig, so entstehen Crinoidenbänke, welche in der Hauptsache aus Trümmern bestehen; wenn auch bei lokal rasch erfolgender Sedimentation einzelne Kelche und Stielstücke erhalten werden können. Die schönsten derartigen Sachen stammen aus den Trochitenkalken von Weinburg im Unterelsaß (Geologische Landesanstalt Straßburg), von Groß-Döhren bei Dörnten, Göttingen, Erkerode und Crailsheim (Württemberg). So sind auf dem 24×32 cm großen Ausschnitt einer Platte von Crailsheim auffallend viele Kelche erhalten, wobei die nicht orientierte Lage sofort auffällt. Kelche und Stiele sind abgerissen, die letzteren teilweise gebogen und geknickt (Taf. XXIX, unten). Doch waren die Crinoidenrasen nicht gleichmäßig verteilt, denn der Crinoidenkalk des oberen Muschelkalkes ist stellenweise ziemlich steril an *Encrinus liliiformis*. Oft kommt in Verbindung mit den Seelilien aufgearbeitetes Muschelmaterial mit einklappigen Schalen vor; irgendwelche Orientierung der Stielstücke gibt es nicht (Taf. XXXII). Es handelt sich also um Aufarbeitung von Crinoidenrasen durch mehrseitig bewegtes Wasser. Dies gilt auch für die Vorkommen der Unteren Coblenzschichten, deren Schichten mit Stielgliederabdrücken von *Ctenocrinus acicularis* stellenweise ganz erfüllt wird (Oberstadtfeld).

Zur Erklärung der Entstehung derartiger Crinoidenbreccien, welche regionale Verbreitung haben, kann man annehmen, daß die Lebensbedingungen der Crinoiden im Laufe ihres Gedeihens verändert wurden. Sie sind an ruhiges, verhältnismäßig tiefes Wasser angepaßt. Tritt hierin eine Veränderung ein, so wird ein Umkommen der Tiere und der Zerfall in Einzelteile die Folge sein. Dies kann eintreten, wenn nicht allzutiefes Wasser durch besonders starke Stürme aufgepeitscht oder wenn der Meeresboden durch epirogenetische Bewegungen gehoben wird, wobei er zwangsläufig in den Wirkungsbereich der Wellen gerät. Für die Entstehung der Trochitenkalke muß man wohl sicher epirogenetische Bewegungen annehmen.

II. Asterozoa.

Auch die Lagerungsform der langarmigen Seesterne läßt gewisse Schlüsse auf die Art der Wasserbewegung zu. Hiezu sei bemerkt, daß HAARMANN in seiner weiter oben zitierten Crinoidenarbeit nebenbei über die Seesterne des Hunsrückschiefers schreibt: „Bedenkt man noch, daß man für die eigenartige einseitige Verziehung zahlreicher im Hunsrückschiefer eingebetteter Seesterne nur zu einem Teil tektonische Ursache verantwortlich machen kann, zum anderen aber auf Bewegungen des Wassers hingewiesen wird —“ (S. 83). Man muß hierin HAARMANN vollkommen beistimmen, denn das Maß der durch Gebirgsdruck hervorgerufenen Verziehung der Schiefer ist meist minimal, wie man sich leicht an verschiedenen Fossilien des Bundenbacher Schiefers überzeugen kann. Aber auch dort, wo die Verzerrungen relativ stark sind, würden diese niemals solche Umgestaltungen an Seesternen hervorbringen können, wie wir sie gleich kennen lernen.

Überlegen wir zunächst, welche Lagetypen von Seesternen unter verschiedenen Bedingungen zu erwarten sind. Bei vollkommener Wasserruhe werden sie ausgebreitet daliegen, die Arme der Schlangensterne können etwas gekräuselt sein. Einseitige Wasserbewegung hingegen wird einen Arm umlegen oder aber vier Arme parallel miteinander richten, den fünften Arm in seiner ursprünglichen Lage lassen oder auch umlegen. Im letzeren Falle sind alle Arme nach einer Richtung ± parallel orientiert. So entstehen Bilder, welche einem aufgespannten bzw. einem durch den Wind überspannten Schirm ähneln, weshalb ich in diesem Falle kurz von „Schirmlage“ spreche. Das Resultat der Wirkung mehrseitig bewegten Wassers auf Seesterne ist schwer vorauszusagen; es sind mir auch keine sicheren fossilen Beispiele bekannt.

1. Ruhiges Wasser.

Das Bild von in ruhigem Wasser sedimentierten Seesternen bietet ein Paar von *Ophioderma egertoni* Y. u. B. aus dem Lias von Lyme Regis in England (Taf. XXXIII, oben) (Stuttgart 6137). Das Sediment ist ein sehr feinkörniger, stark toniger, einheitlich zusammengesetzter, weicher Sandstein mit viel Muskovit, und deutet das Material an sich auf ruhigen Absatz hin. Die Lage der Seesterne bestätigt dies, denn von einer einseitigen Orientierung der Arme ist keine Rede. Es ist die Lage, welche der Knäuellage der in ruhigem Wasser zusammengesunkenen Seelilien entspricht. — Ganz ähnlich verhält es sich mit einem *Römeraster asperula* aus dem Hunsrückschiefer von Bundenbach (Darmstadt) und sind überhaupt derartige Lagetypen in dem genannten Sediment öfters anzutreffen.

2. Einseitig bewegtes Wasser.

Anders ist die Lage, welche mit einseitig gerichteter Wasserbewegung zusammenhängt, wofür ich folgende Beispiele gebe: *Aspidosoma*

tischbeinianum Roem. (Darmstadt) (Taf. XXXIII, unten) und *Asterias asperula* Roem. (Darmstadt) von Bundenbach zeigen die Schirmstruktur sehr deutlich. Daß es sich hier nicht um Absatz in ruhigem Wasser handelt, dürfte ohne weiteres einleuchten. Der Pfeil gibt die Strömungsrichtung an.

Die Richtung der Wasserbewegung erkennt man wie bei den Seelilien so auch bei den Seesternen erst dort vollständig, wo mehrere Exemplare auf einer Platte liegen: Zwei Exemplare von *Furcaster palaeozoicus* St. (Darmstadt) (Taf. XXVIII, rechts), wovon das eine auf der ventralen, das andere auf der dorsalen Seite liegt, ebenso zwei kleinere Stücke derselben Form von Bundenbach (Stuttgart) (Taf. XXVII, unten) reden deutlicher als viele Worte. Vor allem aber sei die in Darmstadt befindliche Bundenbacher Platte erwähnt, auf welcher mindestens 7 Exemplare von *Asterias asperula* Roem. liegen; die Schirmlage nach einer Richtung dürfte beweisend für Strömung sein (Taf. XXXIV), deren Richtung durch den Pfeil angegeben wird.

Die genannten Lagerungserscheinungen der Seesterne, welche wir in den Bundenbacher Schiefern kennen lernten, lassen vermuten, daß in der Hunsrückschieferzeit Perioden ohne Strömungen mit Perioden mit einseitig gerichteter Wasserbewegung abwechselten, ähnlich wie dies die Seelilien für die Zeit des Posidonienmeeres zeigten; von irgendwelchen Großströmungen ist in beiden Fällen nicht die Rede. Es wäre sehr erwünscht, wenn auf die Verteilung der Exemplare mit gespreizten Armen und der Schirmtypen innerhalb des Hunsrückschieferkomplexes geachtet und die „Streichrichtung" der Arme genau bestimmt würde. Dann bekämen wir zunächst einmal ein Bild von der Verteilung der Strömungen innerhalb bestimmter Schieferlagen und vor allem ein solches von deren Richtung. Auch hier müssen die Seesterne mit gespreizter und orientierter Lage in verschiedenen Schichten liegen.

Schlußfolgerungen.

Crinoiden und in geringerem Maße auch Seesterne lassen sich in ausgezeichneter Weise zum Nachweise fossiler Wasserbewegungen der Richtung und dem Grade nach verwerten, wobei solche in küstenferneren Gebieten der fossilen Flachmeere in Betracht kommen. Zur weiteren Auswertung der angestellten Beobachtungen müßte von Sammlern genau auf das Lager und die Lagerung der betreffenden Seelilien und Seesterne geachtet werden.

Oft begegnet man in der Literatur der Angabe, daß Strömungen zur Erklärung dieser oder jener Erscheinung, welche man in Sedimenten beobachtet, anzunehmen seien. Ein direkter Nachweis solcher einseitiger Wasserbewegungen wurde mit Hilfe der Lage von Fossilien bisher von Weigelt und Thomas erbracht, und was Seelilien anlangt, nur für einen Fall

von HENNIG und QUENSTEDT. Doch wurde darauf hingewiesen, daß das Woher und Wohin der Wasserbewegung nicht, oder doch nur schwer, festgestellt werden konnte. Diese Lücke ist durch die obigen Erörterungen ausgefüllt worden. Allerdings ist es bis jetzt nur eine Idee, welche sich durch die Beobachtungen als richtig erweist; es ist ein Anfang und müssen erst noch viele Untersuchungen folgen, bis wir ein einigermaßen übersichtliches Bild der Strömungen einer kleinen Periode, etwa der den Pentacrinenplatten des schwäbischen Lias ε entsprechender Zeit, entwerfen können. Dann erst wollen wir weitere Schlüsse ziehen, welche etwa den Gasgehalt und die damit im Zusammenhang stehenden bionomischen Verhältnisse oder die Möglichkeit der Kalkausscheidung aus dem Posidonien-Meerwasser betreffen, worauf ich jedoch an dieser Stelle nicht eingehen will. So würde die von POMPECKJ aufgestellte Hypothese von dem liasischen Schwarzen Meer ausgebaut werden können. Ähnliches gilt für die Strömungen, welche ich auf Grund der Lage der Crinoiden und Seesterne im Hunsrückschiefer angedeutet fand, wobei aber nochmals betont sei, daß in beiden Fällen Großströmungen nicht in Frage kommen.

Tafelerklärung.

Taf. XXVI: *Pentacrinus subangularis* und *subangularis parvus* BER. (?). Absatz in ruhigem Wasser (Knäuellage!). Die Endspitzen sind mit Cirren im Schlamm befestigt. Lias ε. Holzmaden. Atelier HAUFF. 175×240 cm.

Taf. XXVII, oben: *Pentacrinus hiemeri (= subangularis).* Absatz in einseitig orientiertem Wasser (Strömung). Charakteristisch ist die Parallellage der Crinoiden. Lias ε. Holzmaden. Naturalienkabinett Stuttgart. 155×465 cm.

Unten: *Furcaster palaeozoicus.* Unterdevon. Bundenbach. Naturalienkabinett Stuttgart. 3,5×7,5 cm. Vgl. Taf. XXVIII, rechte Figur.

Taf. XXVIII, links: *Agriocrinus inermis.* Ausgesprochen einseitige Wasserbewegung. Unterdevon. Bundenbach. Naturalienkabinett Stuttgart. 10×13 cm.

Rechts: *Furcaster palaeozoicus.* Die umgeschlagenen Arme und die dadurch erzeugte Schirmlage zeigen einseitig bewegtes Wasser an. Unterdevon. Bundenbach. Museum Darmstadt. 9×14 cm.

Taf. XXIX, oben: Platte mit *Encrinus carnalli.* Die Stiele liegen parallel, die Kronen sind einseitig gerichtet. Schwache Zerreißungen deuten stärkere einseitig orientierte Wasserbewegung an als bei den in Taf. XXVII, oben, abgebildeten Stücken. Unt. Muschelkalk. Freyburg a. d. Unstrut. Museum Darmstadt. Die Zahlen 1—4 beziehen sich auf die Kronen.

Unten: Ausschnitt (24×32 cm) einer Platte mit *Encrinus liliiformis.* Nicht orientierte Lage der Kelche, das Umknicken der kurzen Stielstücke und das Auftreten von Einzelstielstücken beweisen Ablagerung in mehrseitig bewegtem Wasser. Die Erhaltung der Kelche spricht für rasche Sedimentation an dieser Stelle. Ob. Muschelkalk (Trochitenkalk). Gaismühle bei Crailsheim. Naturalienkabinett Stuttgart.

Taf. XXX: Platte mit *Dadocrinus gracilis.* Nicht orientierte Lage der etwas zerrissenen Crinoiden deutet im Verein mit d. Fig. auf Taf. XXXI auf mehrseitig bewegtes Wasser hin. Unt. Muschelkalk. Sacran b. Gogolin (Schlesien). Museum Darmstadt. 28×34 cm.

Taf. XXXI, oben: Unterseite einer Platte mit *Dadocrinus gracilis*. Auf die nicht orientiert gelagerten, ziemlich stark zerrissenen Crinoiden legt sich eine Crinoidenbreccie. Es hat sich also die Wasserbewegung verstärkt. Museum Darmstadt. 22×34,5 cm.

Unten: Oberseite derselben Platte. Die eben genannte Crinoidenbreccie wird von oben gesehen; ein Wurzelstück ist steckengeblieben. Auf die Breccie legt sich eine dünne Tonhaut. Unt. Muschelkalk. Sacran (Schlesien). Museum Darmstadt. 22×34,5 cm.

Taf. XXXII: Platte mit *Encrinus liliiformis*. Die stark zerrissenen Crinoiden und die einklappigen Schalen deuten auf starke mehrseitige Wasserbewegung hin. Ob. Muschelkalk. Crailsheim (Württemberg). Museum Darmstadt. 28×37 cm.

Taf. XXXIII, oben: *Ophioderma egertoni*. Die nach allen Seiten ausgebreitete Lage der Arme zeigt ruhiges Wasser an. Lias. Lyme Regis. Naturalienkabinett Stuttgart. Nat. Größe.

Unten: *Aspidosoma tischbeinianum*. Der umgeschlagene fünfte Arm hängt mit einseitiger Wasserbewegung zusammen. Unterdevon. Bundenbach. Museum Darmstadt. 11,5×14 cm.

Taf. XXXIV: *Asterias asperula*. Vgl. Taf. XXVIII, rechts, und Taf. XXVII, unten. Unterdevon. Bundenbach. Museum Darmstadt. Zirka 17×31 cm.

Die Vorlage für Taf. XXVI stammt aus dem Atelier HAUFF (käuflich), jene für Taf. XXVII, Taf. XXVIII, linke Figur, Taf. XXIX, untere Figur, und Tafel XXXIII, obere Figur, ließ Herr Dr. BERCKHEMER für mich herstellen, die übrigen Aufnahmen machten Herr Prof. HAUPT und ich.

Die Pfeile auf einigen Figuren geben die Richtung der Wasserbewegung an.

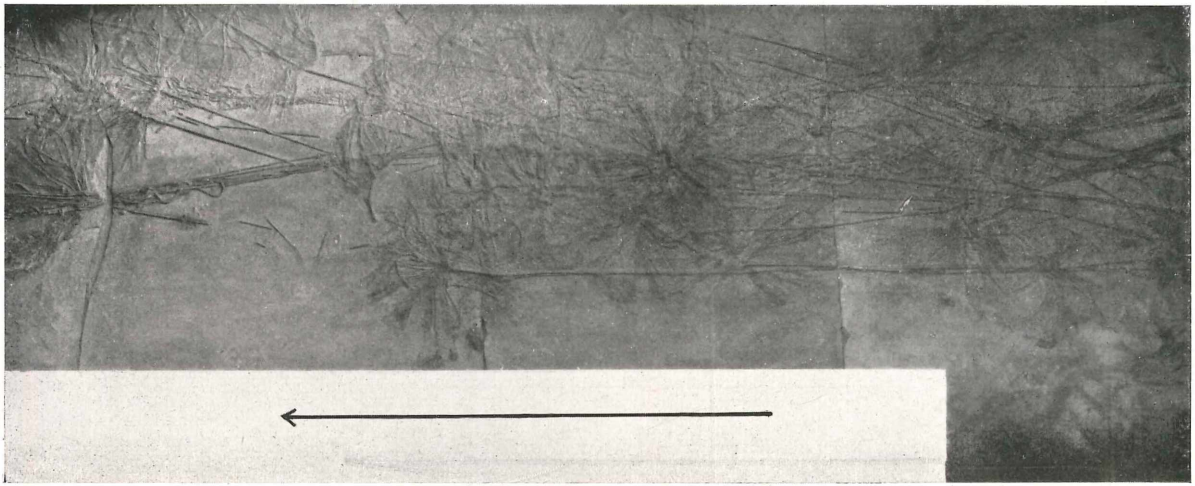
Nachtrag zu Seite 294;

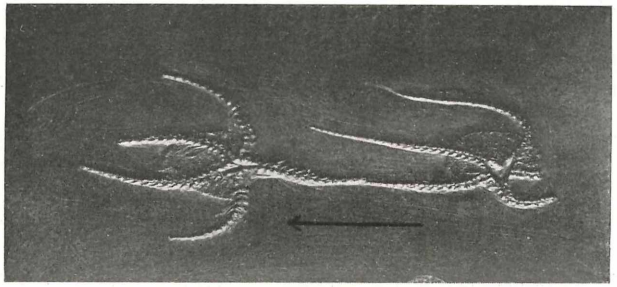
Während der Korrektur lese ich bei W. QUENSTEDT (Beitrag z. Kapitel Fossil und Sediment vor und bei der Einbettung. N. J. f. Min. usw., LVIII. B., Bd. B., 1927), daß dieser die genannte Lage der Frankfurter Pentacrinen mit Strömung in Zusammenhang bringt. —

Zu: Ein Gehäuse von *Echinocorys (Ananchytes) ovatus* LESKE von H. KLÄHN (S. 251—262):

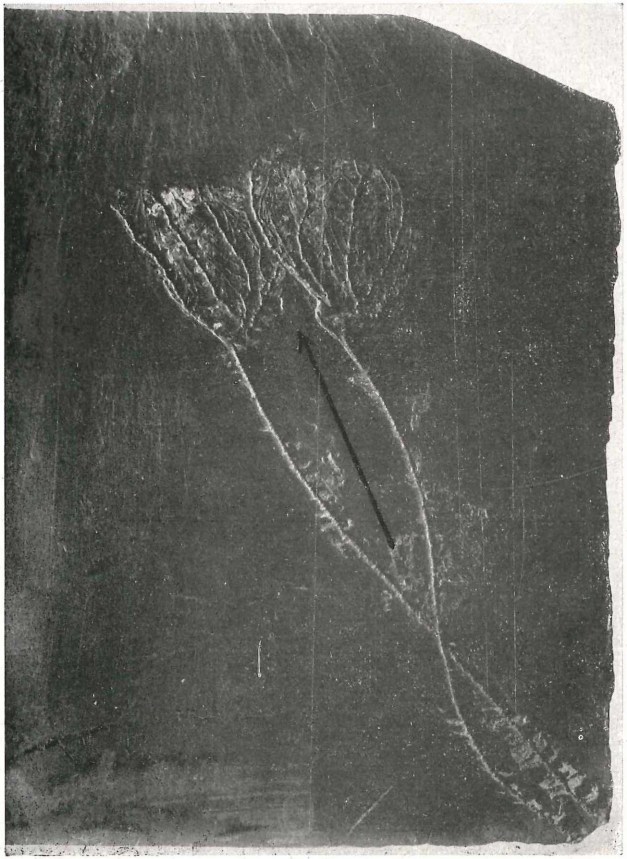
Nachträglich schreibt mir Herr Dr. WEITZEL (Darmstadt), daß als Angreifer des Seeigels eine pycnodonte Fischform in Frage kommen könnte. „Gerade bei älteren Pycnodontenstadien sind die Raffzähne, welche ursprünglich kegelig waren, an der Krone fast ganz abgerieben und abgeflacht, wodurch die Zähne meißelartig wurden. Beim Versuche, die Beute zu greifen, konnten sie sehr wohl derartige Reibespuren hinterlassen.“

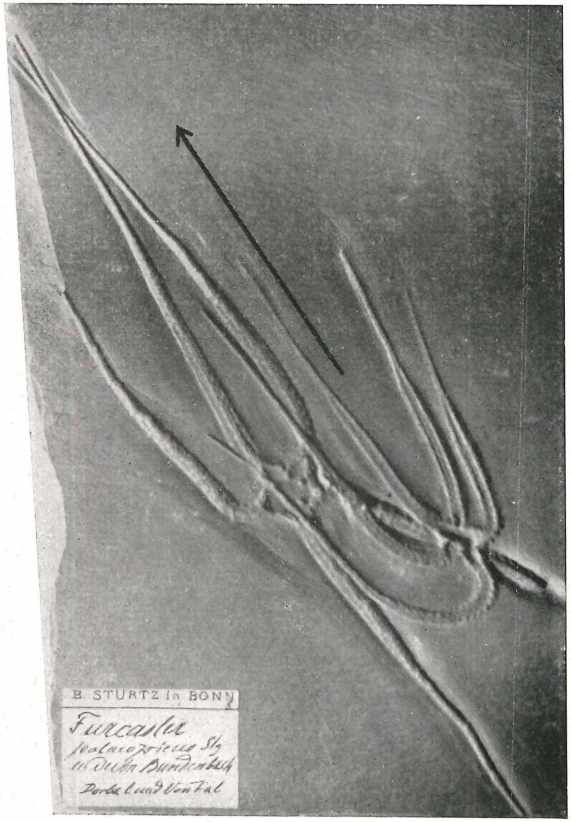
Verlag von **Emil Haim & Co.**, Wien und Leipzig.



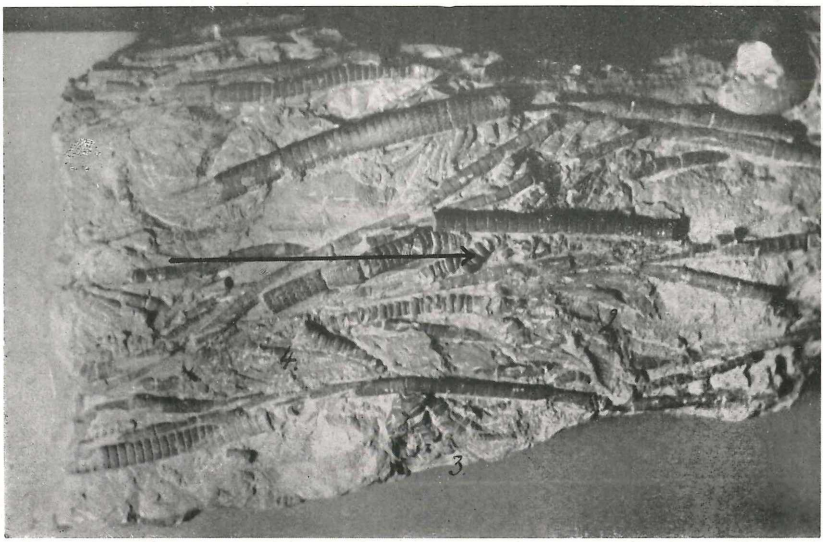


Verlag von **Emil Haim & Co.**, Wien und Leipzig.

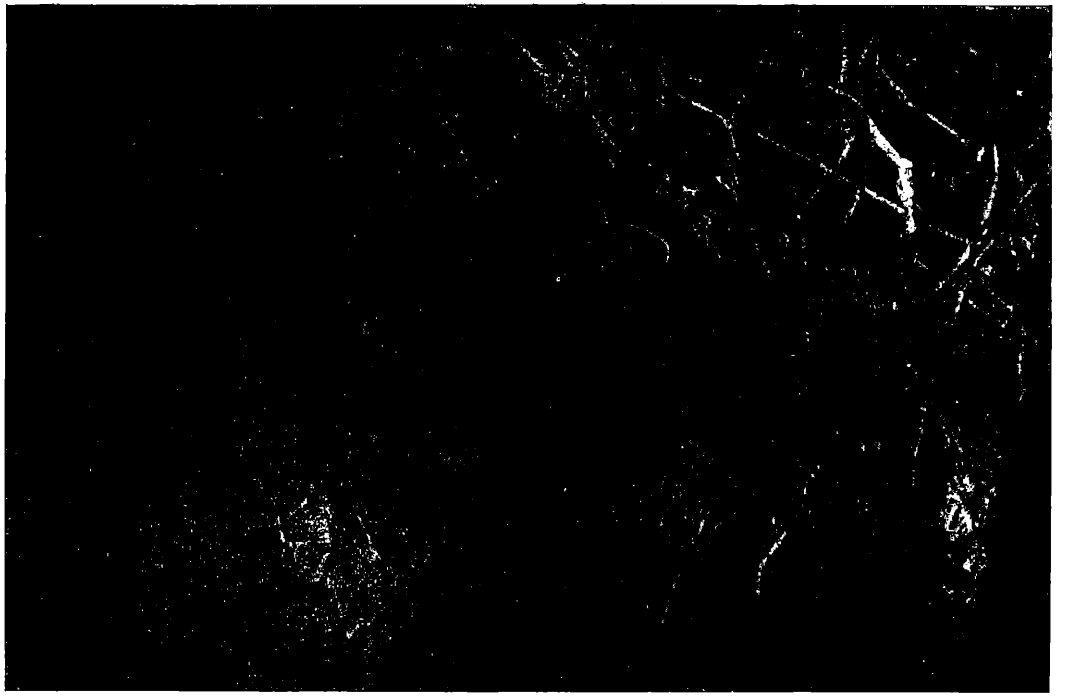




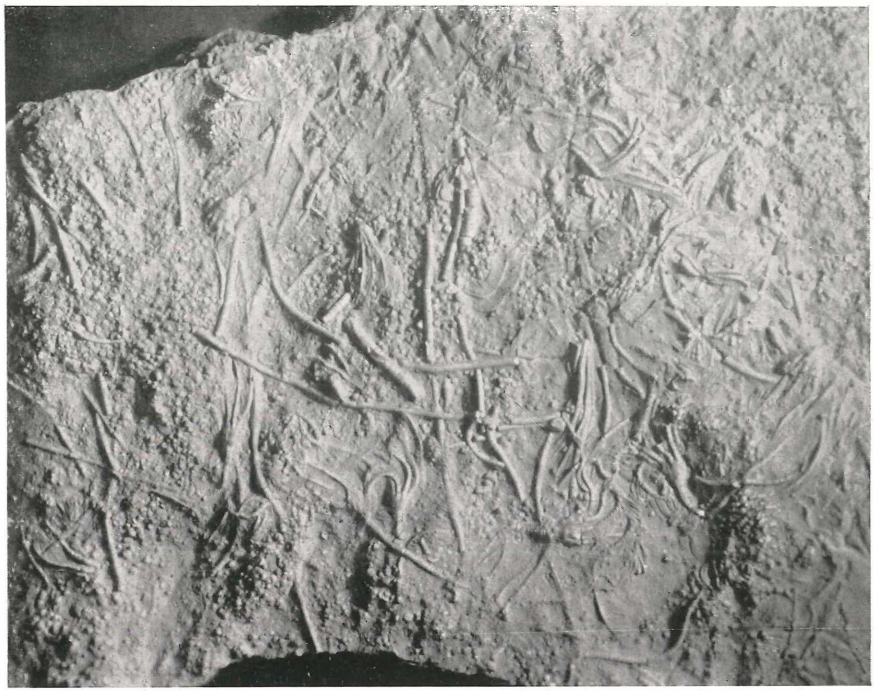
Verlag von **Emil Haim & Co.**, Wien und Leipzig.

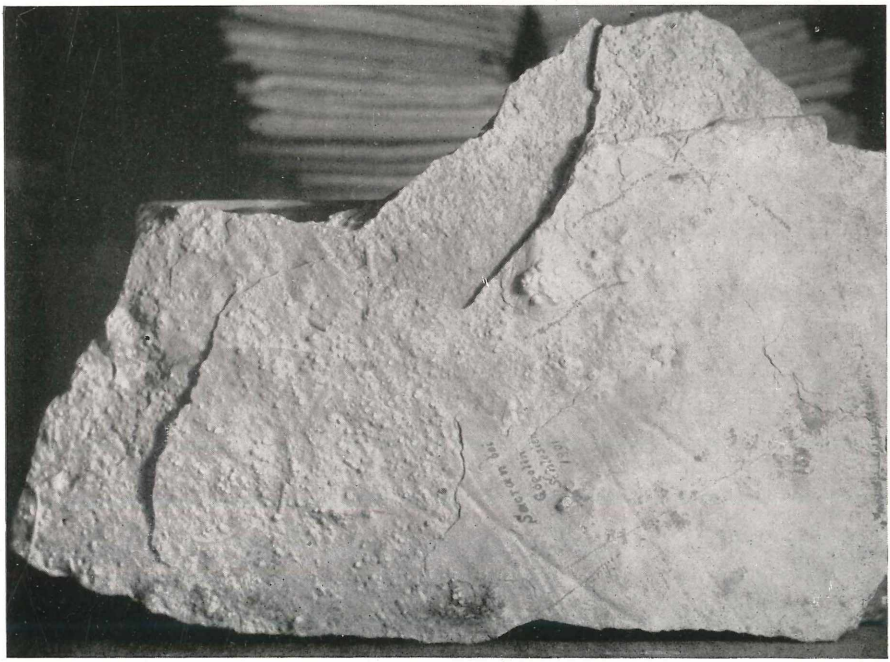


Verlag von **Emil Haim & Co.**, Wien und Leipzig.

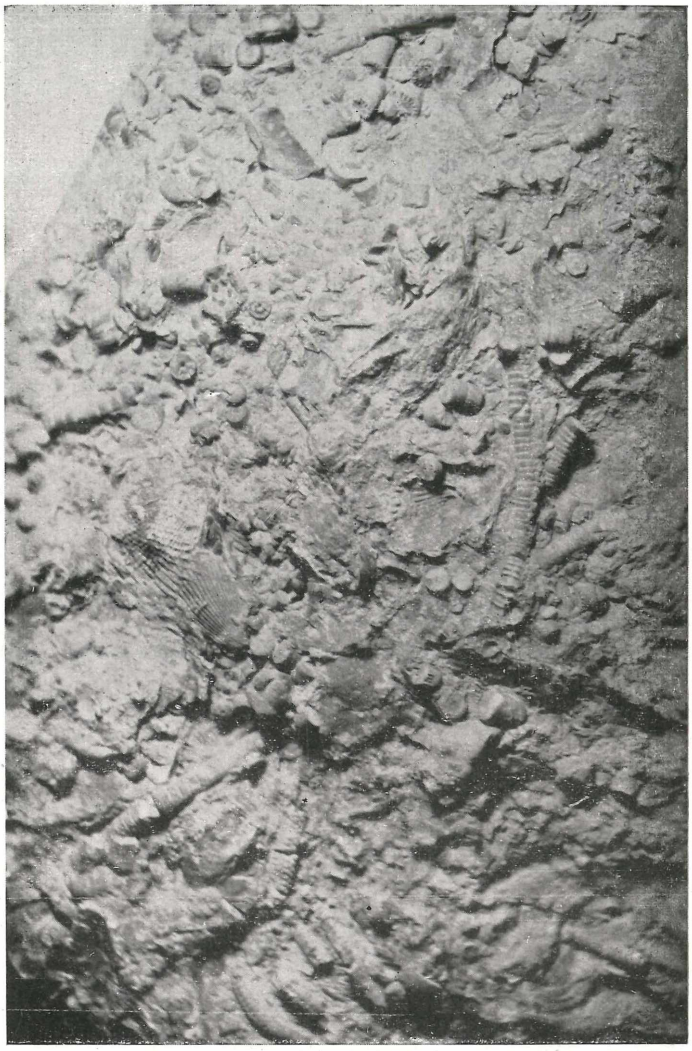


Verlag von **Emil Haim & Co.**, Wien und Leipzig.

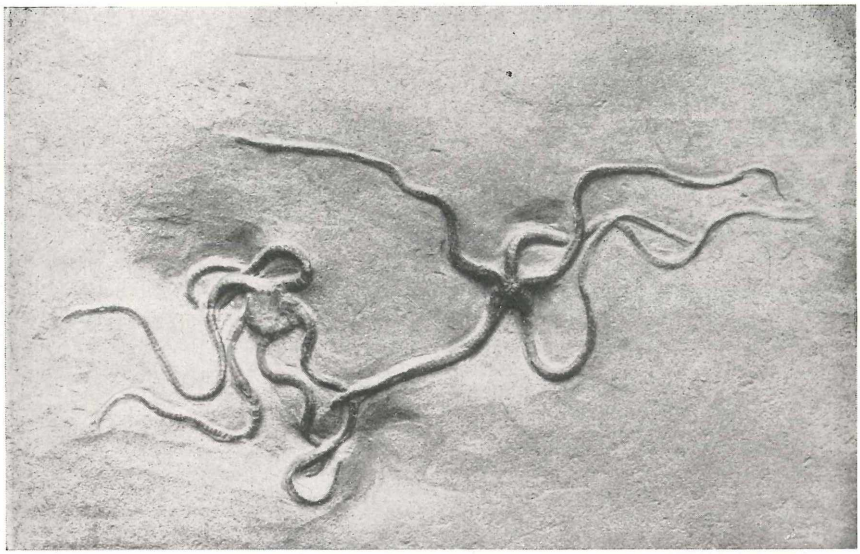


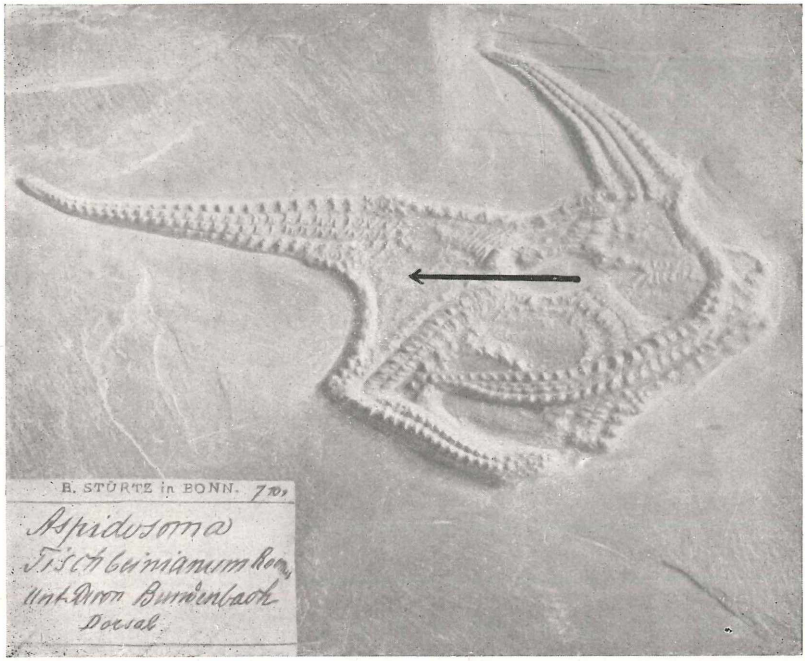


Verlag von **Emil Haim & Co.**, Wien und Leipzig.



Verlag von **Emil Haim & Co.**, Wien und Leipzig.





Verlag von **Emil Haim & Co.**, Wien und Leipzig.

Verlag von **Emil Haim & Co.**, Wien und Leipzig.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Palaeobiologica

Jahr/Year: 1929

Band/Volume: 2

Autor(en)/Author(s): Klähn Hans

Artikel/Article: Die Bedeutung der Seelilien und Seesterne für die Erkennung von Wasserbewegung nach Richtung und Stärke. 287-302