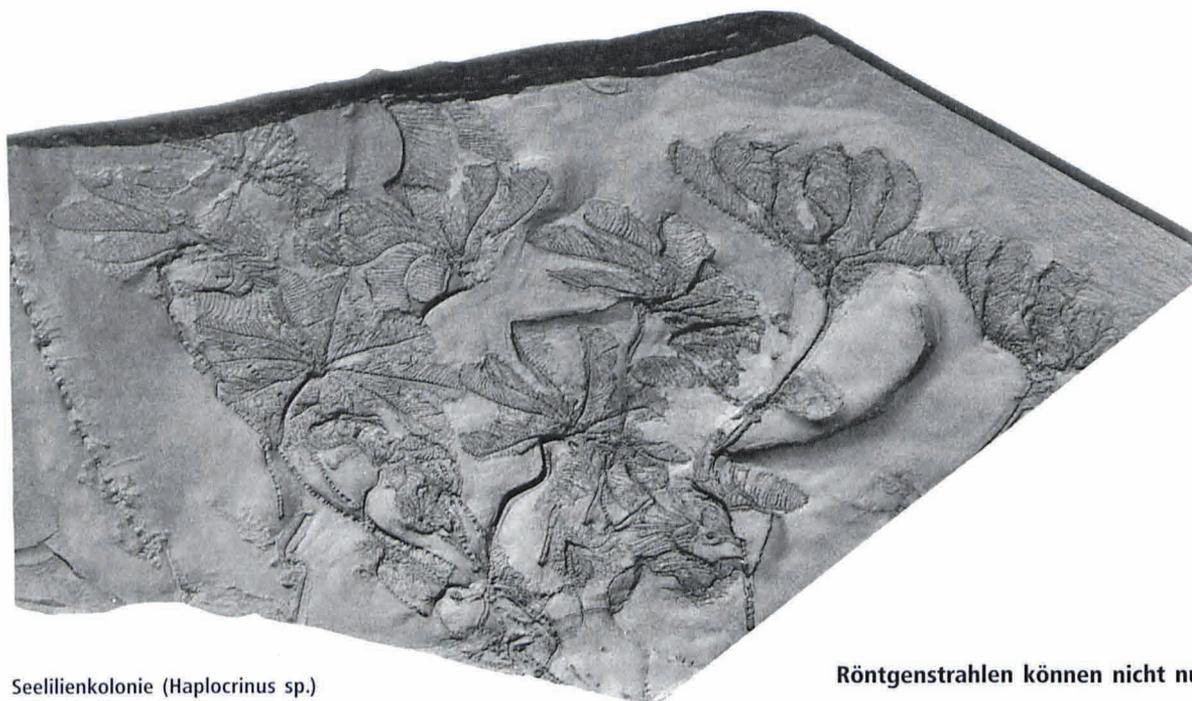


Die Lebewelt der Hunsrückschiefer im Röntgenlicht

Katzengold macht Weichteilstrukturen sichtbar ■ Von Wolfram Blind



Seelilienkolonie (Haplocrinus sp.) aus den Bundenbacher Schiefen

PYRIT

Eisensulfid, FeS_2 , im Volksmund Katzengold genannt, wegen seines Glanz.

CEPHALOPODEN

Kopffüßer, zum Teil schalentragende Weichtiere, von denen es heute noch circa 750 Arten gibt. Zu ihnen gehören die Kraken, Kalmare, Tintenfische und das Perlbrot Nautilus. Ausgestorben sind die Ammoniten und die Belemniten.

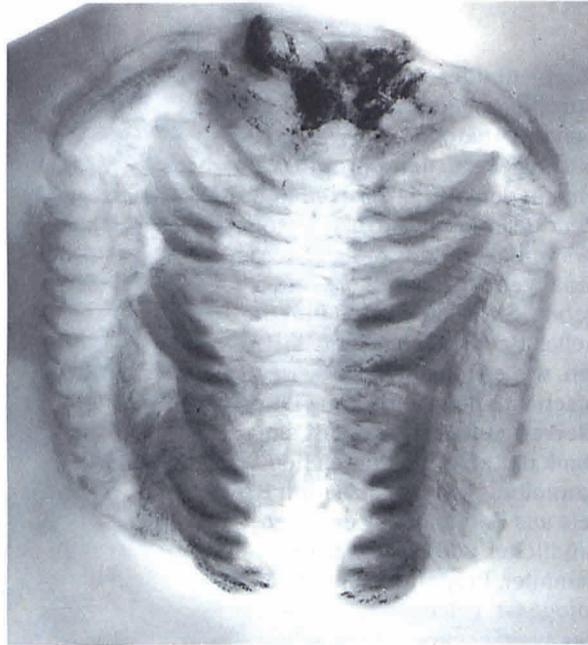
Fossilien werden schon seit hundert Jahren geröntgt. Bereits wenige Monate, nachdem Wilhelm Conrad Röntgen im Jahre 1895 die unsichtbare Strahlung entdeckt hatte, die er X-Strahlen nannte, wurden erste Röntgenaufnahmen von Fossilien hergestellt; die erste Arbeit mit Fossilienbildern erschien schon 1906. 1932 begann der Physiker W. M. Lehmann, im großen Umfang die Fossilien im Hunsrück-schiefer mit Röntgenstrahlen zu durchmustern; er hinterließ etwa 3000 Röntgenaufnahmen. Angeregt durch diese Sammlung begann Wilhelm Stürmer, Fossilien zu durchstrahlen. Er brachte dafür eine ideale Kombination von Qualifikationen mit: Von Hause

aus Physikochemiker hatte er am Senckenberg-Museum in Frankfurt Paläontologie studiert. Bei der Firma Siemens in Erlangen leitete er den Unternehmensbereich Bildwandlung und konnte dadurch Anlagen mit speziellen Röntgenröhren verwenden. Bis zu seinem Tode 1986 hatte Wilhelm Stürmer an die 30 000 Röntgenaufnahmen mit einem unvorstellbaren Reichtum an Erkenntnissen gemacht. Über Jahre hinweg war ein internationales Forscherteam damit beschäftigt, die Fülle dieser Aufnahmen auszuwerten, und machte damit den Hunsrück-schiefer zu einer der berühmtesten

Röntgenstrahlen können nicht nur Knochen sichtbar machen, sondern auch Weichteile. Spektakulär werden die Ergebnisse, wenn dies bei Fossilien gelingt, deren Organismen – wie im linksrheinischen Hunsrück-schiefermeer – vor 380 Millionen Jahren gelebt haben.

Fossilagerstätten unserer Erde. An der wissenschaftlichen Bearbeitung dieses umfangreichen Bildmaterials war auch der Verfasser beteiligt. Das Interesse galt anfänglich einer Fossiliengruppe – den Tentakuliten – deren Stellung im System der Organismen bis zu dieser Zeit fraglich war. Wir konnten sie den Mollusken zuordnen, vielleicht sogar den Cephalopoden (Tintenfische), wie wir mit Hilfe des Materials aus dem Hunsrück-schiefer untermauern konnten. Die wissenschaftliche und freundschaftliche Verbindung zu W. Stürmer gab wohl den Ausschlag, daß

Bauchseite eines Trilobiten in Originalgröße mit eingeklappten Laufbeinen und außen liegenden Kiemenbeinen. Der Magen mit den Verdauungsdrüsen erscheint durch viel Pyrit dunkel.



TRILOBITEN

Dreilappkrebse, eine ausgestorbene Gruppe, die im Paläozoikum ausschließlich im Meer lebte, wo sie ihre Nahrung aus dem Bodenschlamm filterten oder aber zum Teil räuberisch lebten. Ihr Name bezieht sich auf die Dreigliederung des Panzers. Am häufigsten werden Panzerhüllen aus der Häutung gefunden, nur selten echte Leichen; außerdem sind verschiedene Spuren bekannt, wie Grab-, Kriech-, Ruhe- oder Freßspuren. Über die systematische Einteilung bestehen nach wie vor stark abweichende Ansichten.

PALÄOZOIKUM

Erdaltertum, das Zeitalter der Trilobiten, Fische und Amphibien. Es dauerte circa 285 Millionen Jahre. In diese Zeit fällt das Auftauchen der ersten Wirbeltiere und die Besiedlung des Festlands durch die Pflanzen.

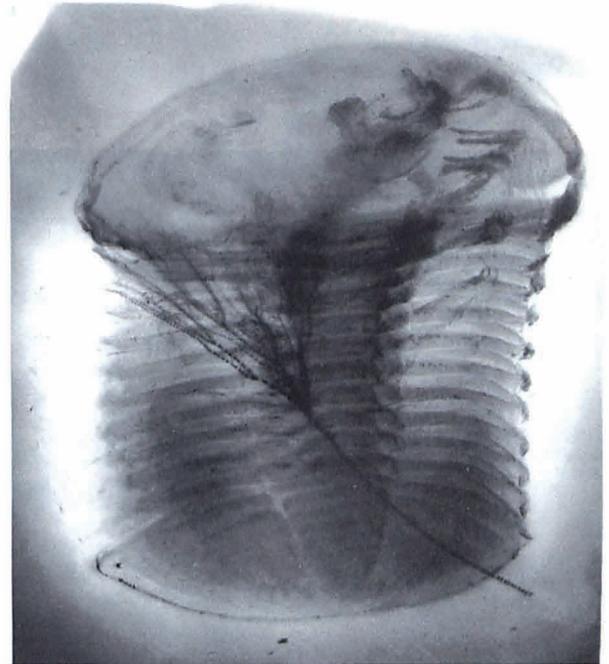
er seinen gesamten wissenschaftlichen und technischen Nachlaß in seinem Testament dem Verfasser vermachte. Neben den Röntgenaufnahmen und der Literatur waren es vor allem drei Röntgenanlagen und ein Rasterelektronenmikroskop, die durch seinen plötzlichen Tod den Besitzer wechselten. Wegen umfangreicher Baumaßnahmen und der dazugehörigen Genehmigungen dauerte es fast drei Jahre, bis die Geräte wieder einsatzbereit waren. Nach einer längeren Experimentierphase sind wir heute, was die Qualität der Aufnahmen anlangt, mit Sicherheit wieder auf dem Stand von Stürmer, wenn nicht gar weiter.

Nicht nur Skelette

Weichteile bleiben in aller Regel der paläontologischen Forschung verborgen; bei der Fossilisation von Organismen – ob Tier oder Pflanze – werden die organischen Substanzen von Bakterien zersetzt. Was übrig bleibt, sind die Hartteile, Außen- oder Innenskelette, die der Interpretation offenstehen. Durch den Vergleich ihrer Gestalt – das Arbeitsfeld der Morphologen – werden die Fossilien dem System der Organismen zugeordnet. Ihre räumliche Verbreitung und vor allem die Entwicklung im Laufe der Zeit lassen Veränderungen in der Stammesgeschichte erkennen.

Wenn die Entwicklungslinien bis in die Gegenwart reichen, können die Beziehungen zwischen Skelett und Weichkörper relativ leicht erkannt werden. Bei den Säugetieren verraten zum Beispiel Rauhig-

Trilobit in Originalgröße überlagert von einer Seelilie: Außen liegt der Kopfschild mit Facettenaugen und Nervenbündel, innen der Magen-Darm-Trakt mit Verdauungsdrüsen.



keiten an den Knochen, wo die Muskeln und Sehnen ansetzen. Schwierigkeiten bereitet die Deutung von Skeletten, deren Organismen zu irgendeinem Zeitpunkt der Erdgeschichte nachkommenslos ausgestorben sind, und beinahe aussichtslos wird die Lage, wenn der morphologische Vergleich keine Homologien erkennen läßt.

Umso bedeutungsvoller sind dann solche Sonderfälle, wie wir sie im Hunsrückschiefer vorliegen haben. Zwei Beispiele mögen dies verdeutlichen: Am Ende des Paläozoikums, vor circa 280 Millionen Jahren, starb eine sehr artenreiche Tiergruppe aus – die Trilobiten – ohne Nachkommen zu hinterlassen. Ihr dreigliederter Panzer aus einem Kopf- und einem Schwanzschild sowie einem segmentierten Rumpf ließ vermuten, daß es sich um sehr hochorganisierte Gliederfüßler (Arthropoden) handelt.

MORPHOLOGIE

Lehre von der Körpergestalt, dem Aufbau und den Lageverhältnissen der Organe. Der Begriff wurde von Goethe vor genau 200 Jahren in die Wissenschaft eingeführt.

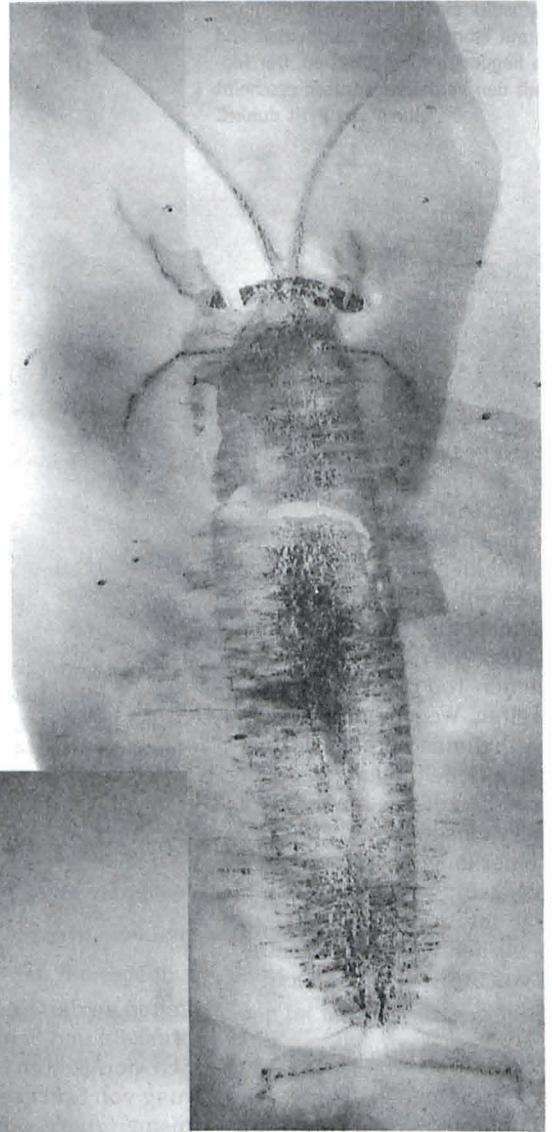
HOMOLOGIE

Strukturelle Ähnlichkeit aus stammesgeschichtlicher Verwandtschaft. Homolog sind etwa die Knochen im Flügel einer Fledermaus, in einem Pferdebein und einer Walfflosse.

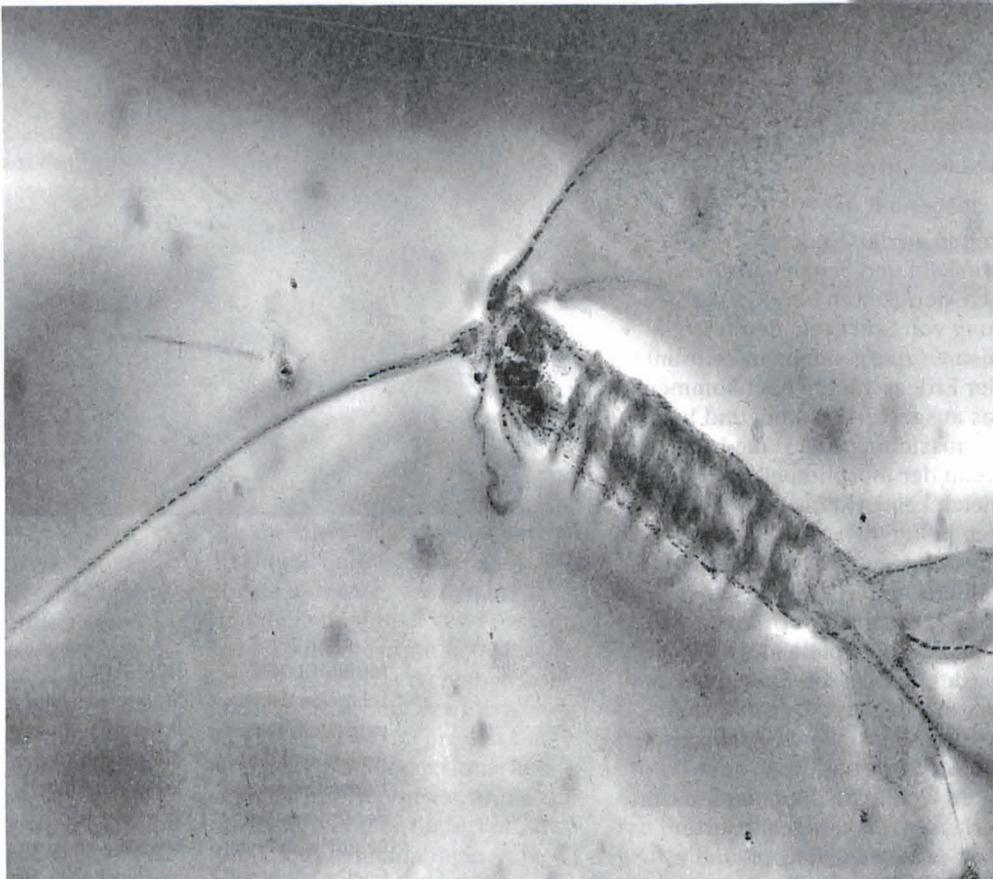
ARTHROPODEN

Gliederfüßler, mit drei Viertel aller bisher bekannten Tierarten die bei weitem umfangreichste Gruppe. Zu ihnen gehören die Insekten, Tausendfüßer, Krebs- und Spinnentiere und die ausgestorbenen Trilobiten.

Röntgenbilder, die von Wilhelm Stürmer angefertigt wurden, haben die Anatomie der Weichteile – Muskelfasern, den Darmtrakt, eine in den Vorderdarm einmündende Verdauungsdrüse, ja sogar Nervenfasern, die zu den Facetenaugen führen – zu erkennen gegeben. Sie erlauben, ein funktionelles Bauplanschema zu entwerfen, wie es für Gliederfüßler typisch ist, die an ein Leben im Meeresschlamm angepaßt sind. Dank der sehr umfangreichen Sammlung von Dr. Christoph Bartels aus Bochum, der ein unermüdlicher und begeisterter Sammler, Präparator und Paläontologe ist, gelangen uns im Laufe des vergangenen Jahres schon recht bedeutsame Entdeckungen. Zu ihnen zählen zwei bisher unbekannt gebliebene Gliederfüßler mit bemerkenswerten Konstruktivi-



Bisher unbekannter Arthropode in Originalgröße, durchgehend segmentiert, mit balkenartigem Lichtsinnesorgan und doppelseitiger, flügelartiger Schwanzflosse



Unbekannter Gliederfüßler (Arthropode) in Originalgröße, deutlich segmentiert, mit langen Antennen, blattförmigen Extremitäten auf der Bauchseite, mit zwei Stacheln besetzt

onsmerkmalen, wie etwa einer doppelten Schwanzflosse am Ende des Körpers, die in ihrer Form direkt vergleichbar ist mit dem Höhenruder eines Flugzeugs. Im Kopfbereich zeigt eine dieser neuen Formen ein balkenartiges Lichtsinnesorgan, welches in seiner Form ebenfalls unbekannt war.

In demselben Ausmaß aufschlußreich waren auch Beobachtungen

an einem altertümlichen Cephalopoden, einem Lobobactrites, der am Anfang der Entwicklung der Ammonoideen steht. Bei ihm waren der gesamte Weichkörper und vor allem seine Fangarme zu sehen. Sie sind aus dem Fuß der Weichtiere (Mollusken) hervorgegangen, und das Beispiel zeigt, daß der Fuß schon am Anfang der Entwicklung der Cephalopoden soweit war, daß er soweit ausdifferenziert war, daß er in Form von Fangarmen schon vorlag.

Katzengold im Röntgenlicht

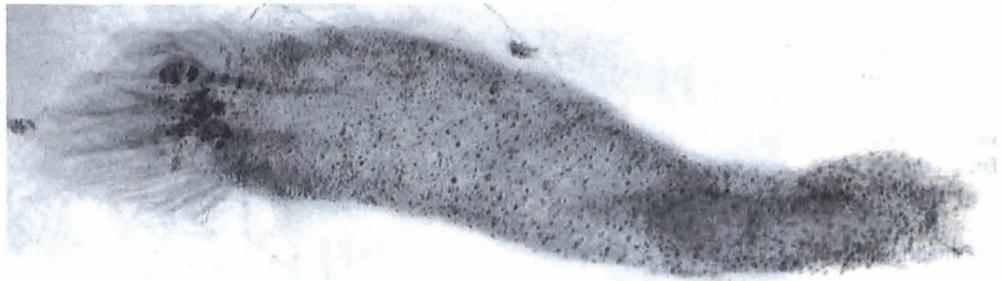
Für die Röntgenuntersuchungen genügen die einfachen Gesteinsplatten, in denen die Fossilien eingelagert sind. Die Überreste der Weichteile sind oft so fein, daß sie ohnehin nicht freipräpariert werden können. Selbstverständlich liegen bei fossilen Formen die Gewebe nur noch ganz selten vor, wie es bei Insekten vorkommt, die in Harz eingeschlossen wurden. Hier ist ein Umwandlungsprodukt – Pyrit – zu sehen, welches durch die im Gewebe gebundenen Schwefelatome entstanden ist. Entsprechend dem Schwefelanteil von Muskeln, Nerven usw. wurde der Pyrit ausgefällt, wozu anaerobe Bakterien, die ohne Sauerstoff leben können, und im Sediment vorhandene Eisenionen beigetragen haben. Die Dichte des Pyrits ist ein Spiegelbild der ursprünglichen Schwefelanreicherung in den Geweben oder auch Skeletten. Da Pyrit ein hohes Absorptionsvermögen für Röntgenstrahlen hat, wird bei der Durchstrahlung der Fossilien dessen unterschiedlicher Anteil sichtbar.

Noch nie gesehene Tiere

Wenn Skelette in aller Regel erhaltungsfähig sind, so gilt dies für Weichkörper ohne mineralische Einlagerungen nicht. Sie lösen sich durch die Aktivität von aeroben Bakterien auf, es sei denn, daß sie unter den nahezu einmaligen Bedingungen, wie sie zu Zeiten der Sedimentation der Hunsrück-schiefer vorgelegen haben, konserviert wurden. Dies trifft zum Beispiel auf zwei, noch nie gesehene Wurmtypen zu, von de-



Borstenwurm (Polychaeta) in Originalgröße mit Scheinfüßchen (Parapodien) in unterschiedlicher Stellung



Seegurken (Holothurien) in Originalgröße mit Fangarmen und ausgestülpter Madreporplatte. Der gesprenkelte Eindruck entsteht durch Kalkkörperchen (Sklerite), die in die Außenhaut eingelagert sind.

nen der eine eindeutig ein Borstenwurm (Polychaeta), der andere möglicherweise ein Gürtelwurm (Clitellata) ist. Neben der gegliederten Organisation lassen sich zum Beispiel der Darmtrakt, der Ringmuskel im Mündungsbereich, ja sogar die einzelnen Muskeln der Scheinfüßchen (Parapodien) erkennen.

Ein ähnliches Auflösungsvermögen zeigen die Röntgenbilder von Seegurken, die zu den Stachelhäutern (Echinodermata) zu stellen sind. Eindeutig zu erkennen ist der Tentakelkranz, der den Wasserkanal mit der Madreporplatte – eine siebartig durchbrochene Kalkplatte, die typisch für Stachelhäuter ist – umgibt. Der Körper erscheint gesprenkelt, weil



AMMONOIDEEN

ausschließlich fossil überlieferte Cephalopoden mit einer spiralig gewundenen Außenschale, zu denen das Ammonshorn gehört. Neuere Untersuchungen sehen sie als Bewohner der Ozeane bis tausend Meter Tiefe. Zu aktivem Schwimmen waren sie nur unvollkommen fähig. Sie sind nach dem ägyptischen Gott Ammon benannt, der mit Widderhörnern dargestellt wurde.

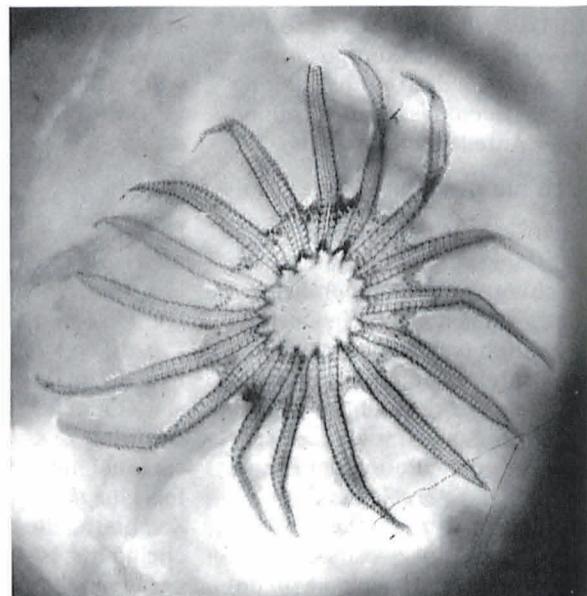


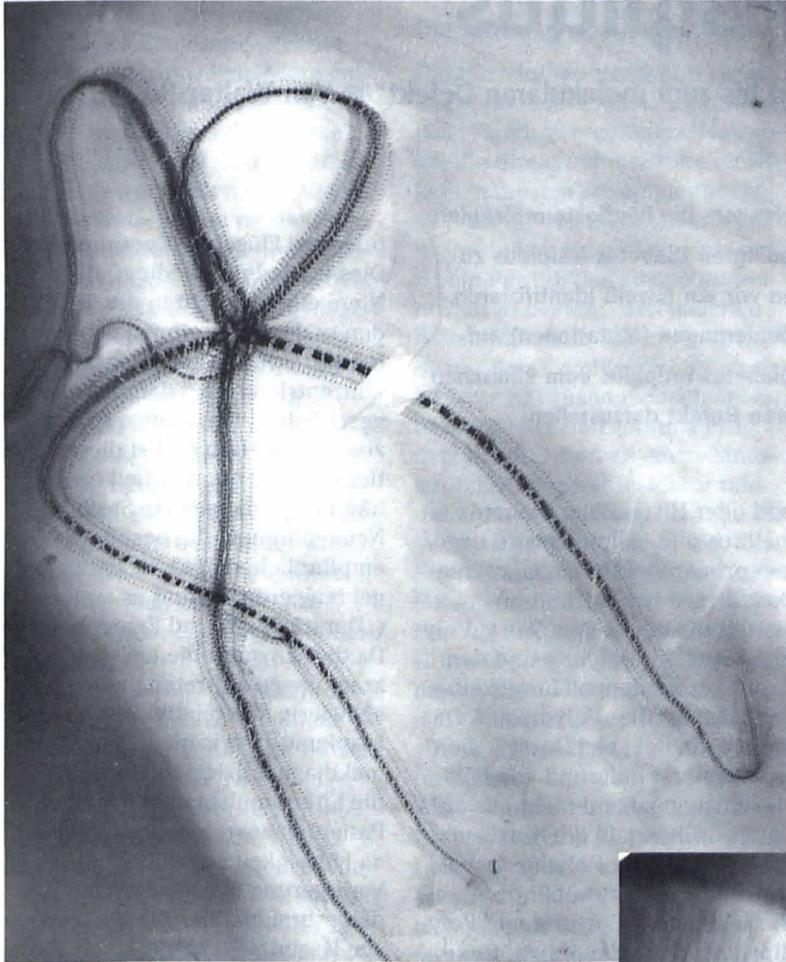
Wolfram Blind's schalenstrukturelle Untersuchungen an Tentakulitengehäusen, deren systematische Stellung bis zu diesem Zeitpunkt sehr fraglich war, ermöglichten ihre Zuordnung zu den Mollusken, vielleicht sogar zu den Cephalopoden. Entsprechende Formen mit sogar noch erhaltenen Weichteilchen, Tentakel im Mündungsbereich, wurden von Wilhelm Stürmer auch in den Hunsrückschiefern gefunden. Diese Tentakel bestätigten ihre Zugehörigkeit zu den Cephalopoden. Aus diesem ersten wissenschaftlichen Kontakt mit Wilhelm Stürmer entwickelte sich eine langjährige Zusammenarbeit bei der Interpretation von „Röntgenfossilien“. Der plötzliche Tod von Wilhelm Stürmer im Jahre 1986 übertrug dem Verfasser die Verantwortung der weiteren Bearbeitung der inzwischen weltberühmt gewordenen Fossilagerstätte „Hunsrückschiefer“.



Seestern (*Helianthaster rhenanus*) mit sechzehn bandförmigen Armen als Oberflächenpräparat und im Röntgenlicht

kleine Kalkkörperchen (Sklerite) in die Haut eingelagert waren. Auch bei Seesternen (Asteroidea) und Schlangensternen (Ophiuroidea) sind Weichteile erhalten. Beide zeigen - neben dem sehr filigran aufgebauten Skelett - ihre Füßchen (Podien) in allerfeinster Erhaltung. Selbst der Ambulakralkanal, der die Füßchen verbindet, ist noch zu sehen. Ein erst unlängst gefundenes Trilobitenexemplar zeigt auf seiner Bauchseite die zweiästigen Extremitäten, im Kopfbereich den Magen-Darm-Trakt und die ihn verankernden Muskeln; bei einem anderen Exemplar konnte man die in



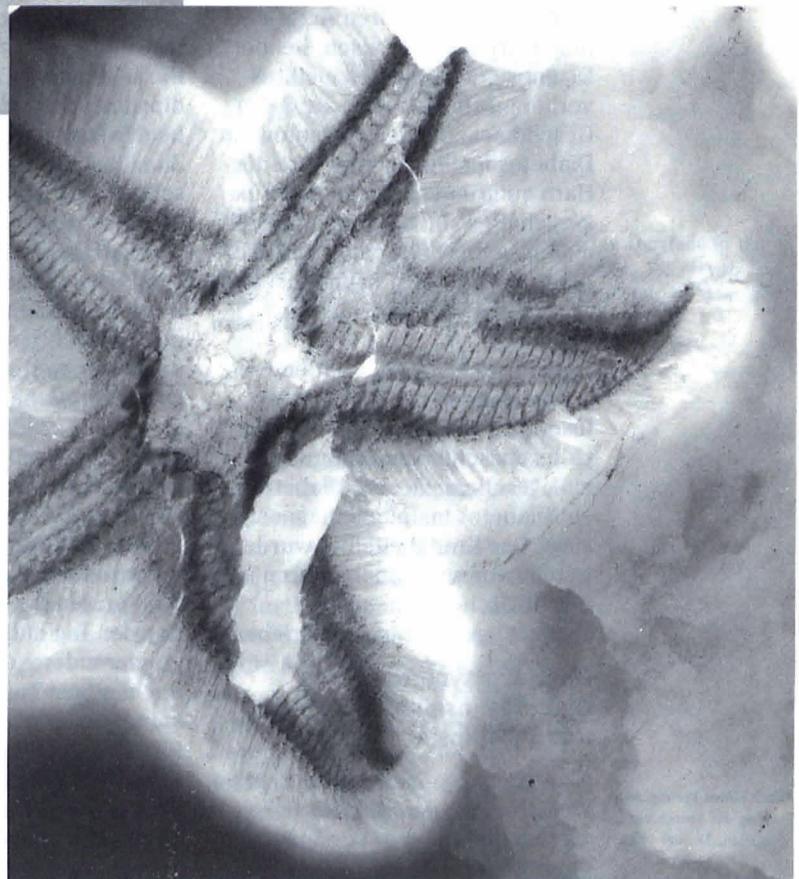


den Magen führenden Verdauungsdrüsen beobachten.

Einmaliges Fossilienarchiv

Vergegenwärtigt man sich, daß die Hunsrückschieferfauna vor etwa vierhundert Millionen Jahren gelebt hat und daß sie, wie wir mit wenigen, hier vorgestellten Formen nachweisen konnten, sogar Weichteile zu erkennen geben, so wird die Einmaligkeit dieser Fossilagerstätte deutlich. Die wissenschaftliche Bedeutung liegt darin, daß wir stammesgeschichtlich alte Baupläne in eine funktionelle Beziehung zu ihren Weichkörpern stellen können und daß wir bei den Entwicklungslinien, die bis in die Jetztzeit reichen, die Differenzierung der Weichkörperstrukturen verfolgen können.

Schlangensterne (*Furcaster* sp.), dessen Arme durch die Strömung ausgebreitet wurden



Seesterne mit haarfeinen Füßchen (Podien) in Originalgröße

JUSTUS-LIEBIG-



UNIVERSITÄT
GIESSEN

Prof. Dr. Wolfram Blind

Institut für Angewandte Geowissenschaften
Diezstraße 15
35390 Gießen
Telefon (0641) 702-8363