PHILIPPIA	8/4	S. 245-270	21 Abb., 2 Tab.	Kassel 1998

Armin Weissmüller

Ein umfangreicher Fund von Encrinus liliiformis Lamarck im Oberen Muschelkalk (mo2) des Diemeltales (Nordhessen)

Abstract

During the last years, the lower sequence of the Tonplattenschichten (pulcher/robustus-Zone; mo2) in Alstertal quarry (Diemel area) has been well exposed, and, subsequent to lithological observations, gave access to outstanding fossile discoveries.

Accumulations of *Encrinus liliformis* LAMARCK in channel-like depressions could be saved at different places in the quarry. The well preserved fossiles were recovered in large slabs, almost exclusively originate from one layer. Because of their excellent state of preservation, the discovery place of the fossiles can be assumed to be close to their original biotope. There *Encrinus* settled on the material of lamellibranchs and brachiopodes. The sea ground was only modestly hardened, indications to the existence of hard ground areas or crinoid bioherms are completely absent in the area of discovery. After an account of the lithological conditions and the reconstruction of the habitat of the crinoids, a report of the saving, the preparation, and the ontogenetical peculiarities of the fossile sea fauna is given. Numerous discernible regenerated crowns and stems make it possible to conclude that there were strong reactions of the sea lilies to ecological disturbances. The conditions which finally led to the death of the populations, are being reconstructed.

Zusammenfassung

Während der vergangenen Jahre war der untere Bereich der Tonplattenschichten (pulcher/robustus-Zone; mo2) im Kalksteinbruch Lamerden (Diemelgebiet) gut erschlossen, und erlaubte hervorragende Fossilfunde.

An verschiedenen Lokalitäten im Steinbruch konnten Anhäufungen der Seelilie *Encrinus liliiformis* LAMARCK in rinnenartigen Vertiefungen des Bodenreliefs geborgen werden. Die gut erhaltenen, großräumig geborgenen Fossilien entstammen fast ausschließlich einem Horizont. Der Fundort der Fossilien kann aufgrund ihrer Erhaltung in der Nähe ihres ursprünglichen Lebensraumes angenommen werden. Dort siedelte Encrinus auf Schalenmaterial von Muscheln und Brachiopoden. Der Meeresboden war nur gering verfestigt; Hinweise auf die Existenz von Hartgrundflächen oder Crinoiden-Biohermen fehlen im Aufschlußbereich. Nach der Schilderung der lithologischen Gegebenheiten und der Erkundung des Lebensraumes wird über die Bergung, die Präparation und die ontogenetischen Besonderheiten der fossilien Meeresfauna berichtet. Zahlreiche erkennbar regenerierte Kronen und Stiele lassen auf eine heftige Reaktion der Seelilien auf ökologische Störungen schließen. Die Umstände, die schließlich zum Absterben der Population geführt haben, werden rekonstruiert.

Inhalt

1. Einleitung 246
2. Der Fundort 247
3. Bildungsbedingungen der Muschelkalk-Ablagerungen 247
4. Lithologie und Stratigraphie der Gesteinsfolge mit Resten von *Encrinus liliiformis* 247
5. Beschreibung der Fundlokalitäten 250
6. Altersstellung des Oberen Trochitenkalks und der unteren Tonplattenschichten im Diemelgebiet 251
7. Lebensweise von *Encrinus liliiformis* LAMARCK 252
8. Lebensumstände der fossilen Population im Diemeltal 254
9. Ursachen für das Absterben der Seelilien-Population und deren Sedimentation 258
10. Bergung der Fossilplatten 258
11. Beobachtungen an den Seelilien-Skeletten 259
12. Begleitfauna 269
Literatur 269

1. Einleitung

In den Jahren 1995 bis 1998 konnten in den unteren Tonplattenschichten (mo2) im Kalksteinbruch Lamerden mehrere Gesteinsplatten mit Seelilien der Art *Encrinus liliiformis* LAMARCK als Füllung von Bodensenken geborgen werden. Die Funde umfassen ca. 440 Kronen, meist mit anhängenden Stielabschnitten, welche auf Matrix mit bis zu 65 Exemplaren geborgen wurden. Eine systematische Vorbereitung der Bergung war aufgrund des schnell fortschreitenden Abbaubetriebs nicht möglich. Die Funde befinden sich heute im Naturkundemuseum der Stadt Kassel sowie in mehreren Privatsammlungen.

Die unteren Tonplattenschichten mit ihren 210 Millionen Jahre alten Ablagerungen liefern schnappschußartige Momentaufnahmen der fossilisationsfähigen Lebensgemeinschaft auf dem Grunde des Muschelkalkmeeres. Teile der bodenbewohnenden Meeresfauna sind während eines Sturmes aus ihrem benachbarten Lebensraum verfrachtet und in einer Bodensenke zusammengespült worden. Die große Zahl der artikuliert vorgefundenen Seelilien und deren Begleitfauna erlaubt uns eine Rekonstruktion des Lebensraumes am Boden des Muschelkalkmeeres im Diemelgebiet. Lithologische Betrachtungen gestatten Rückschlüsse auf die Ursachen für das plötzliche Absterben der Faunengesellschaft; desweiteren liefern sie Hinweise zu den Einbettungs- und Konservierungsumständen der gut erhaltenen Fauna.

Die Untersuchung der Fossilien und der umgebenden Gesteinsschichten umfaßte bisher

- die Aufnahme der Fundortposition und der stratigraphischen Lage des Seelilienlagers,
- Beobachtungen zur Erhaltung und Ontogenese der Seelilien-Population (Wachstumsstadien, Anomalien, Regenerationszustände der Tiere),
- die Bestimmung der Begleitfauna,
- Beobachtungen zur Lithologie der umgebenden Matrix,
- die Rekonstruktion der Umstände, die zum Absterben und zur Konservierung der Faunengesellschaft führten.

Bergung, Präparation und Auswertung des Fundmaterials waren nur durch die umfangreiche Unterstützung nachfolgend genannter Personen möglich: Herr STEUDEL und Herr FEY (Kieswerk Tündern; Kalksteinwerk Lamerden) gestatteten uns die Bergung des Fundes und ermöglichten uns durch unentgeltliche Baggereinsätze den Zugang zum Fundhorizont. Herr DR. JÜRGEN FICHTER (Naturkundemuseum im Ottoneum, Kassel) veranlasste die Grabungsgenehmigungen und unterstützte bei der Auswertung der Funde. Herr DIETHELM BAUMGARTE gab manchen fachlichen Rat. Die Herren PETER ADAM, MANFRED BADE, ACHIM JÜNEMANN, THORSTEN KRAUSE und PETER NAUMANN (Mitglieder der Geologischen Interessengemeinschaft Nordhessen e. V.) hatten maßgeblichen Anteil an der schwierigen Bergung des Fundmaterials. Frau ANDREA WEISSMÜLLER duldete meine zahlreichen Steinbrucheinsätze und fertigte zwei Rekonstruktionszeichnungen an. Diesen Personen gilt mein aufrichtiger Dank.

2. Der Fundort

Fundort der Fossilien ist der Steinbruch des Kalksteinwerks Lamerden (Kieswerk Tündern; vormals Lahn-Waschkies GmbH). Der Aufschluß ist auf der Geologischen Karte, Blatt 4421, Borgentreich (R 21 950, H 11 500) erfaßt. Er wird in den Erläuterungen zur Geologischen Karte von KNAPP (1986) als „Steinbruch im Alstertal“ bezeichnet.

Die im Kalksteinbruch aufgeschlossenen Ablagerungen reichen von den Gelben Basisschichten des Trochitenkalks bis zu den Dolomitischen Grenzschichten, die beginnend mit der *nodosus*-Zone zur Ablagerung kamen. Die Tonplattenfazies setzt in der *pulcher*-Zone ein und reicht bis zur *enodis/laevigatus*-Zone. Die *nodosus*-Zone ist vermutlich vollständig in der Fazies der Dolomitischen Grenzschichten abgelagert worden. Die tiefste Abbausohle im Steinbruch befindet sich heute ca. 3 Meter über der Basis der Gelben Basisschichten.

Beobachtungen zur Lithologie und Fossilführung im gleichen stratigraphischen Niveau des stillgelegten Kalksteinbruchs Haueda (R 35 17 50, H 57 06 70) fließen in die Betrachtungen mit ein. Von dort liegen ebenfalls zahlreiche gute Funde vor.

3. Bildungsbedingungen der Muschelkalk-Ablagerungen

Im geologischen Zeitabschnitt des „Muschelkalks“ (vor ca. 210 Millionen Jahren) erstreckte sich über Deutschland ein flaches, warmes Binnenmeer. Es herrschte ein subtropisches, semiarides Klima. Zur Zeit des Unteren Muschelkalks bestand über die schlesische Pforte ein Zugang zur Tethys, dem südöstlichen Weltmeer. Von dort aus wanderten Elemente der Weltmeerfauna in das Muschelkalkmeer ein. Der Salzgehalt des Muschelkalkmeeres war unter dem Einfluß des Klimas zeitweise stark erhöht. Verursacht durch Gebirgshebungen wurde der Meerabschnitt zeitweise weitgehend abgeschnürt; dies führte zu einer starken Übersalzung des Meerwassers; es entstanden Dolomit-, Gips- und Salzablagerungen. In der an den Steinbruch angrenzenden Grube der Fa. Knauf wird dieses Anhydrit- und Gipslager des mittleren Muschelkalks unter Tage abgebaut. Durch die Bildung einer neuen Verbindung zum Weltmeer (Burgundische Pforte) entwickelten sich im Muschelkalkmeer vollmarine Verhältnisse; Stachelhäuter (Seelilien, Seeigel etc.) und Kopffüßler (Ceratiten, Nautiliden) fanden ideale Lebensbedingungen vor.

Die Sedimente des Oberen Muschelkalks im Diemeltal belegen eine deutliche Zonierung der Meeresbereiche, das Relief des Meeresbodens begünstigte verschiedene Faziesausbildungen.

Man nimmt heute an, daß die Ablagerungen des Oberen Muschelkalks bis zur *spinosus*-Zone während einer Transgressionsphase im Germanischen Becken entstanden sind. Danach setzte eine zyklische Regression ein, die bis in den Keuper andauerte. Sedimente der südlichen Tethys belegen eine zeitgleiche Transgression; Die Ursache hierfür wird im beschleunigten Auseinanderdriften von Kontinentalplatten im pazifischen Raum gesehen (HAGDORN 1988).

4. Lithologie und Stratigraphie der Gesteinsfolgen mit fossilen Resten von Encrinus liliiformis

Reste von *Encrinus liliiformis* sind von den Gelben Basisschichten des Trochitenkalks an bis in den unteren Bereich der Tonplattenschichten anzutreffen.

Das untere Drittel des Oberen Muschelkalks wird aufgrund seiner abweichenden Gesteinsausbildung von den hangenden Tonplatten-Schichten unterschieden; wegen seinem Fossilgehalt wird es als „Trochitenkalk“ angesprochen. Das Vorkommen von Trochiten (und weiterer, auch artikulierter Skelettteile von Seelilien der Art *Encrinus liliiformis*) reicht nach KLEINSORGE (1935) jedoch in die Tonplattenschichten hinauf und erreicht im nordwestdeutschen Raum die *spinosus*-Zone. LINCK (1965) wies im südwestdeutschen Bereich Reste von *Encrinus* bis in die Zone der Discoceratiten nach. Im Diemelgebiet (Aufschlüsse Haueda und Lamerden) wurden Tro-

chiten von den Gelben Basisschichten bis in die *pulcher/robustus*-Zone gefunden.

Encrinus liliiformis hat somit während der vollständigen Bildungszeit des Oberen Muschelkalks gelebt; fand aber nur zeitweise ideale Lebensbedingungen vor. Waren die Bedingungen sehr günstig, so kam es zur Verbreitung der Seelilien, wie die Ablagerungen des Trochitenkalks im Diemeltal belegen.

4.1 Gelbe Basisschichten

Die sogenannten Gelben Basisschichten stellen den Übergang der mergelig-dolomitischen Gesteine des Mittleren Muschelkalks zu den massigen, bioklastisch-oolithischen oder feinkristallinen Kalksteinen des Haupttrochitenkalks dar. Lithologisch nehmen die 5,5 bis 6 m mächtigen Schichten eine Mittelstellung ein. Die Untergrenze ist am erstmalig ansteigenden Kalkgehalt der Ablagerungen auszumachen, die Obergrenze wurde beim Einsetzen massiger Kalksteinbänke in Trochitenkalkfazies gezogen. Charakteristisches Gestein der Gesteinsfolge sind neben den grauen und gelben Mergelsteinen unreine Kalksteine, die wolkig von zum Teil dolomitischem Mergelstein durchsetzt sind. Diese gehen häufig ohne scharfe Grenze in die darüberliegende Mergelsteinbank über. Diese Ablagerungen sind unter hoher Zufuhr von terrigenem Detritus (Gesteinsschutt, Organismenreste) entstanden. Die Kalksteinablagerungen belegen eine periodische erhöhte Kalksedimentation, sie sind die Vorläufer vollmariner Verhältnisse im hyperhalinen Milieu des Mittleren Muschelkalks. Während hyperhalin-lagunärer Bedingungen wurden die Kalkablagerungen bald wieder von feinklastischem Sediment überlagert (BUSSE & HORN 1981). Schillkalkbänke an der Basis der Schichtenfolge sind vermutlich als Sturmablagerung (Tempestit) entstanden.

In den festen massigen Bänken treten häufig gagatisierte Holzreste mit Hohlraumausfüllung aus Bleiglanz und/oder Zinkblende auf. Crinoidenreste sind häufig, Brachiopoden (*Coenothyris*) und Muscheln sind gelegentlich anzutreffen. 3 Meter unter der Obergrenze der Gelben Basisschichten wies EL-NOSHOKATY (1967) Kolonien der Koralle *Thamnasteria concinna* GOLDFUSS nach. Der Profilabschnitt endet mit dem Auftreten einer geschlossenen Bankfolge meist trochitenreicher Kalksteine.

Die Gelben Basisschichten wurden in einem lagunären Milieu mit eingeschränkter Wasserzirkulation und geringer, aber wechselnd starker Wasserbewegung abgelagert.

4.2 Haupttrochitenkalk

Die 7 Meter mächtige Abfolge aus dickbankigen, bioklastisch-oolithischen oder feinkristallinem Kalkstein wird im Diemelgebiet als Haupttrochitenkalk bezeichnet. Die Gesteinsausbildung ist hier überwiegend arenitisch-oolithisch und grob bioklastisch. Reste von *Encrinus liliiformis* sind in fast allen Bänken anzutreffen; in einigen Abschnitten sind Trochiten sogar gesteinsbildend. Die Seelilienreste sind weder abgerollt noch korrodiert. Schnecken sind als Hohlräume im Gestein überliefert. Derartige Hohlräume organogenen Ursprungs weisen oft sedimentgefüllte Bohrspuren auf. An einigen vertikalen Kluftflächen ragen freigewitterte Trochiten und Schalenreste (Ersatzschalen) aus dem Matrixgestein. Einige Bankabschnitte bestehen zu großem Teil aus Muschelschill. Gelegentlich sind Stylolithenbildungen zu beobachten. Das Gesteinspaket enthält einige Einschaltungen von gelblichgrauen Mergelsteinlagen; in diesen sind gelegentlich artikulierte Reste von *Encrinus liliiformis*, Reste von Seeigeln, Brachiopoden (*Coenothyris vulgaris*), Muscheln der Art *Plagiostoma striatum* sowie Terquemien anzutreffen. NAUMANN (1998) fand auf Kronenteilen von *Encrinus liliiformis* ein kleines, pentagonales Stielglied. Es könnte sich hierbei um ein proximales Nodale von *Chelocrinus schlotheimi* (QUENSTEDT) handeln. Steinkerne von *Coenothyris vulgaris* liegen z. T. in völliger Verquarzung vor; ein besonders gut erhaltenes Exemplar zeigt eine oolithische Kruste. In einigen grobsandigen Bänken sind deutliche dreidimensionale Schrägschichtungen zu erkennen. KNAPP (1986) beobachtete 1979 eine 1 Meter mächtige Bank, die unter einem Winkel von 10° einheitlich schräg geschichtet war.

Die Sedimentschüttung ist somit durch eine einzige Strömung verursacht worden. Im oberen Abschnitt des Haupttrochitenkalks findet man zahlreiche Drusen; diese sind mit gelben bis braunen Cacitkristallen und großen, klaren Gipskristallen (Marienglas) ausgekleidet.

4.3 Zwischenschichten

Die Zwischenschichten des Trochitenkalks sind als dunkelblaue, feinkörnige Kalksteinlagen mit bis zu 8 cm dicken Mergelstein-Einschaltungen ausgebildet. Die ca. 3 Meter mächtige Gesteinsfolge enthält im unteren Abschnitt Schillkalkbänke. Gut erhaltene Fossilien sind eher selten; nachgewiesen wurden *Coenothyris vulgaris* (SCHLOTHEIM), *Pleuromya musculoides* (SCHLOTHEIM), *Myophoria vulgaris* (SCHLOTHEIM) und *Pecten sp.*. Trochiten von Encrinus liliiformis wurden nur vereinzelt angetroffen BUSSE berichtet vom Fund eines *Paraceratites (Progonoceratites) atavus sequens* (RIEDEL) in den Zwischenschichten südlich Körbecke.

4.4 Oberer Trochitenkalk

Der Obere Trochitenkalk tritt als 4 Meter mächtiges Gesteinspaket in Erscheinung. Während der untere Teil eine arenitisch-oolithische bräunliche Gesteinsausbildung aufweist, ist der obere Abschnitt als feinkristalliner, dichter Kalkstein mit ebenfalls bräunlicher Einfärbung ausgebildet. Er enthält zahlreiche Skeletteile von *Encrinus liliiformis* sowie Muschel- bzw. Brachiopodenschill. Ein Brachiopodengehäuse (*Coenothyris vulgaris*) mit 12 discoiden Haftscheiben belegt eine Epökie von *Encrinus*. Es finden sich gelegentlich Hohlräume im Gestein; diese können aufgrund ihrer Gestalt von Schnecken und Cephalopoden herrühren. Die Dachfläche der obersten Bank des Trochitenkalks weist deutliche Wellenrippel auf. Der Abstand der Rippel beträgt ca. 1 Meter, die Tiefe der Wellentäler mißt ca. 5 cm. Den Übergang zu den Tonplattenschichten bildet eine Schillkalkbank mit *Coenothyris vulgaris* (KNAPP 1986).

Die Gesamtmächtigkeit des Trochitenkalks beträgt im Diemelgebiet ca. 20 Meter.

Die Ablagerungen des Haupttrochitenkalks und des Oberen Trochitenkalks sind im flachen, gut durchlüfteten; zeitweilig stark bewegten Wasser entstanden. Sie bildeten sich in einer Schwellenfazies in Bereichen unterschiedlicher Wassertiefe. Diese nahm beckenwärts deutlich zu, im Übergangsbereich zur Lagune war die Wassertiefe eher gering (AIGNER 1977).

4.5 Tonplattenschichten

Der unterste Teil der Tonplattenschichten besteht aus bis zu 25 cm dicken, nicht ebenschichtigem, feinkristallinem grauen Kalkstein. Dieser enthält oft Trochiten und Brachiopodenschill. Die Bänke sind meist unbeständig; sie lassen sich nicht im ganzen Steinbruch verfolgen. Die Trennung der Bänke geschieht durch bis zu 10 cm dicke Tonmergelstein-Einschaltungen. Stellenweise streichen die Tonmergelstein-Schichten aus, so daß Abschnitte der Gesteinsfolge als ein mächtigeres Gesteinspaket in Erscheinung treten. Die Schillkalkbänke als auch die Trennschichten führen stellenweise reichlich Trochiten und gut erhaltene Brachiopoden. Örtlich weisen die Schillkalkbänke im Liegenden deutliche Niveau-Absenkungen auf. Eine etwas mächtigere Tonmergelstein-Einschaltung zusammen mit der Schillkalkbank im Hangenden gleichen die Absenkung im Bodenrelief wieder aus. Im Füllsediment der Fließrinnen finden sich oft hervorragend erhaltene Fossilien; häufig sind Brachiopoden, Muscheln und Ceratiten anzutreffen. Manchmal finden sich sogar artikulierte Seelilien der Art *Encrinus liliiformis*, die während eines Sturmes in grosser Zahl in diesen Senken zusammengespült wurden. Während der Jahre 1995 bis 1998 waren mehrere derartige Seelilienlager ca. 90 cm über der Dachfläche des Oberen Trochitenkalks aufgeschlossen; sie sind Gegenstand dieser Abhandlung.

Die Tonplattenschichten hatten Ihre Entstehung in tieferen Bereichen des Germanischen Beckens.

Die Ursache für den kleinräumigen Wechsel von Tonmergelstein-Einschaltungen und Kalk-



Abb. 1: Ungünstige Lagerungsverhältnisse behinderten die Bergung an Fundlokalität 2: Die meist zerbrochenen Kronen und Stielabschnitte der Tonmergelsteinschicht hafteten teilweise an der Schillkalkbank im Hangenden.

bänken wird in großräumigen Hebungs- und Senkungsvorgängen im Muschelkalkmeer gesehen. Aus diesen Veränderungen resultieren Schwankungen des pH-Wertes und des Salzgehaltes des Wassers. Die Kalk-Sättigung des Meerwassers schwankte ständig. Die schalenbildende Meeresfauna entzog dem Wasser ständig Kalk, so daß die Gehäuse toter Tiere im untersättigten Wasser schnell in Lösung gingen. Eine Übersättigung, hervorgerufen durch Anstieg des pH-Wertes durch Zersetzung organischer Stoffe, Temperaturerhöhung oder Verdunstung, führte zur stärkerer Ausfällung von Kalk. Der Kalkschlamm konnte sich infolge diagenetischer Vorgänge verfestigen. Tonschlamm-Schüttungen am Meeresboden verhinderten den Zugriff des kalk-untersättigten Meerwassers auf abgelagerte Schalen und verhinderte deren Auflösung. In diesem Fall war die Voraussetzung für die Konservierung der Fossilien (HESEMANN 1975) gegeben.

5. Beschreibung der Fundlokalitäten

5.1 Fundlokalität 1 (1994 und 1995)

Die fossilführende Tonmergelstein-Einschaltung war nur über eine Breite von ca. 2,5 Metern vorhanden. Nach beiden Seiten strich sie inmitten einer ca. 35 cm dicken Schillkalkbank aus. In einiger Entfernung waren gleichartige Einschaltungen im gleichen Niveau auszumachen. Die Sohle der Rinne wies eine Absenkung von ca. 6 cm gegenüber dem Normalniveau auf. Die Fossilien lagen ohne erkennbare Ausrichtung im tiefsten Bereich des Reliefs. Sie waren in die Schillkalkbank im Liegenden eingebettet. Die Abbausohle befand sich während der Bergungsarbeiten auf der Dachfläche der obersten Bank des Oberen Trochitenkalks.

5.2 Fundlokalität 2 (1997 und 1998)

Die Folge der dicken Schillkalkbänke war durch häufige kleinräumige Tonmergelstein-Einschaltungen sehr unbeständig. Die Sohle der Rinne wies nur geringe Niveauunterschiede gegenüber den erhabenen Bereichen auf. Die Fossilien lagen eingebettet in einer nur wenige Millimeter dicken Kalksteinschicht; diese war zum Hangenden und zum Liegenden durch eine Tonmergelsteinschicht begrenzt. Diese feste Schicht war jedoch sehr unbeständig; sie strich stellenweise sanft aus; so daß ein Großteil des Fundes inmitten einer ca. 5 cm dicken Tonmergelsteinlage angetroffen wurde (Abb. 1).

Eine Einregelung der Fossilien war nicht erkennbar. Die Absenkung im Bodenrelief wurde vorgegeben durch mehrere dünne Lagen verfestigten Mergelsteins.

Aufgrund der durch den Abbaubetrieb gestörten Lagerung der Tonplattenschichten neigte sich das Gesteinspaket im Hangenden aus der Abbauwand. Die Lagerschicht wies in einigen Bereichen Niveau-Versätze im Abstand von 40 cm auf. Der Zugang zur Lagerschicht war an der hohen Abbauwand gefährlich; es mußte zunächst eine Absicherung in Form eines Baugerüstes errichtet werden.

6. Altersstellung der unteren Tonplattenschichten im Diemelgebiet

Die Altersstellung der Fundschicht läßt sich aus den Funden von Ceratiten ableiten. BUSSE berichtete 1972 über den Fund eines *Paraceratites (Progonoceratites) atavus sequens* (RIEDEL) aus den Zwischenschichten des Oberen Muschelkalks. Diese Form wird nach *URLICHS & MUNDLOS* (1980) in den tieferen Teil der pulcher/robustus-Zone gestellt. Danach erfolgte die bisherige biostratigraphische Einordnung der Zwischenschichten des Trochitenkalks in die pulcher/robustus-Zone.

Ein gut erhaltenes Exemplar von *Paraceratites (Progonoceratites) atavus sequens* (RIEDEL) fand sich noch ca. 30 cm oberhalb der Dachfläche des Oberen Trochitenkalks (Mitteilung D. BAUMGARTE, Kassel). Während der Bergungsarbeiten am Seelilienlager wurden von D. FREDD mehrere gut erhaltene Ceratiten geborgen werden, die von M. URLICHS, Stuttgart als *Paraceratites (Progonoceratites) atavus atavus* (PHILIPPI) bestimmt wurden (mündl. Mitteilung D. FREDD). Diese Ceratiten fanden sich ca. 40 cm oberhalb der Dachfläche des Oberen Trochitenkalks. Funde aus dem Seelilien-Horizont waren wegen ihres schlechten Erhaltungszustandes nicht näher zu bestimmen; einige Exemplare zeigen jedoch typische Artmerkmale von *Ceratites pulcher*.

Der Fundhorizont der Seelilien kann mit den vorliegenden Erkenntnissen in die *pulcher/robustus*-Zone gestellt werden. (Tab. 1)

Normalprofil in Mitteldeutschland	Zonenfolge (RIEDEL 1918, WENGER 1957, URLICHS & MUNDLOS 1980)	Diemelgebiet	Vorkommen v. Ceratiten	Vorkommen v. *Encrinus liliiformis*
Obere Ceratitenschichten	Horizont d. Discoceratiten	Dolomitische Grenzschichten	?	
	nodosus-Zone			
	enodis/laevigatus-Zone	Tonplatten-Schichten		
Mittlere Ceratitenschichten	*spinosus*-Zone			
	evolutus-Zone			
	compressus-Zone			?
Untere Ceratitenschichten	*pulcher/robustus*-Zone	**Fundhorizont**		
	atavus-Zone	Oberer Trochitenkalk	?	
Trochitenkalk		Zwischenschichten		
		Haupttrochitenkalk		
		Gelbe Basisschichten		

Tab. 1: Stratigraphie des Oberen Muschelkalks im Diemelgebiet
(Nach neueren Aufsammlungen modifizierte Fassung)

7. Lebensweise von Encrinus liliiformis Lamarck

Seelilien gehören wie Seeigel und See- und Schlangensterne zu den fünfstrahlig gebauten Stachelhäutern. Gestielte Seelilien sind Stillwasserbewohner. Ihr Körper besteht aus einem am Untergrund anhaftenden Stiel, aus einem Kelch, der die Eingeweide umschießt, und aus zehn Armen mit anhängenden Fiederchen (Pinnulae). Die Fortpflanzung der Seelilien geschieht geschlechtlich. Nach der Eibefruchtung schlüpft eine Larve, die sich anhand von Wimpernringen schwimmend fortbewegen kann. Die Eiabgabe einer Population geschieht wahrscheinlich einmal jährlich, innerhalb nur weniger Stunden. Die Larve ernährt sich zunächst aus dem Nahrungsvorrat im Dottersack. Das frei schwimmende Tier benötigt zur Anheftung am Untergrund ein Festsubstrat (z. B. Hartgrund oder Muschelschalen). Nach der Verankerung am Untergrund setzt die Metamophose in das Seelilienstadium ein. Danach entwickelt sich durch die schnelle Verlängerung der Arme zunächst ein leistungsfähiger Fangapparat. Größenwachstum, die Entwicklung der inneren Organe und des Nervensystems und der Genitalanlage erfolgen parallel hierzu (KAESTNER 1957).

Encrinus lebte vergesellschaftet mit anderen Stachelhäutern und Mollusken ausschließlich in sauerstoffreichem, klarem Meerwasser mit gleichbleibender Salzkonzentration. Mit an den zehn Armen anhängenden Fiederchen seihte das Tier Kleinlebewesen als Nahrung aus der Wasserströmung. Hierzu wurden die Arme trichterförmig ausgebreitet; die Pinnulae waren von den Armen abgespreizt, so daß ein engmaschiges Sieb entstand. Trieb die Strömung Nahrung heran, so wurde diese von den Pinnulae erfaßt und dem Mund zugeführt. Aufgrund seines robusteren Körperbaus konnte *Encrinus* auch in turbulenterem Wasser siedeln.

Bei äußeren Reizungen war *Encrinus* in der Lage, die Krone durch Einklappen der Arme zu schließen. Bei Sauerstoffmangel oder Sinken des Salzgehaltes des Wassers versteifte sich der Skelettapparat, so daß Arme leicht abgetrennt wurden (Autotomie). Wie andere Stachelhäuter konnte *Encrinus* Gliedmaßen regenerieren, wenn sich die Lebensbedingungen normalisierten (HESSE 1991).

Das Skelett ausgewachsener Exemplare besteht aus ca. 10 000 Kalktäfelchen. Diese waren durch Ligamente und Muskeln miteinander verbunden. Der Stiel endet in einem unregelmäßig ausgebildeten Haftorgan, mit dem das Tier auf festem, kalkigem Substrat am Meeresboden verankert war. *Encrinus* besiedelte neben Hartgründen und Schalenmaterial sogar lebende Artgenossen, wie Funde aus dem südwestdeutschen Raum belegen. Das Wachstum der Stiele wurde von den breiten Stielgliedern im oberen Stielabschnitt (Nodalia) gesteuert. Der Stiel war im Bereich der Nodalia deutlich flexibler als in der Nähe des Haftorgans, die Trochiten im unteren Stielabschnitt wurden durch die Ausbildung ineinandergreifender Rippen (Crenellen) gegeneinander unbeweglich.

A. H. MÜLLER (1978) schätzt ihre Lebenserwartung auf 10 bis 15 Jahre.

Das organische Bindegewebe verweste nach dem Tod der Tiere sehr schnell, so daß das Kalkskelett in seine vielen Einzelteile zerfiel. Die Skelettauflösung begann an den Pinnulae

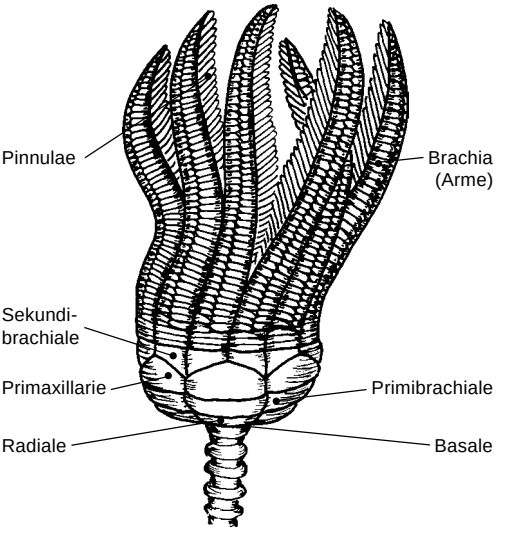


Abb. 2: Nomenklatur der Krone von *Encrinus liliiformis* LAMARCK

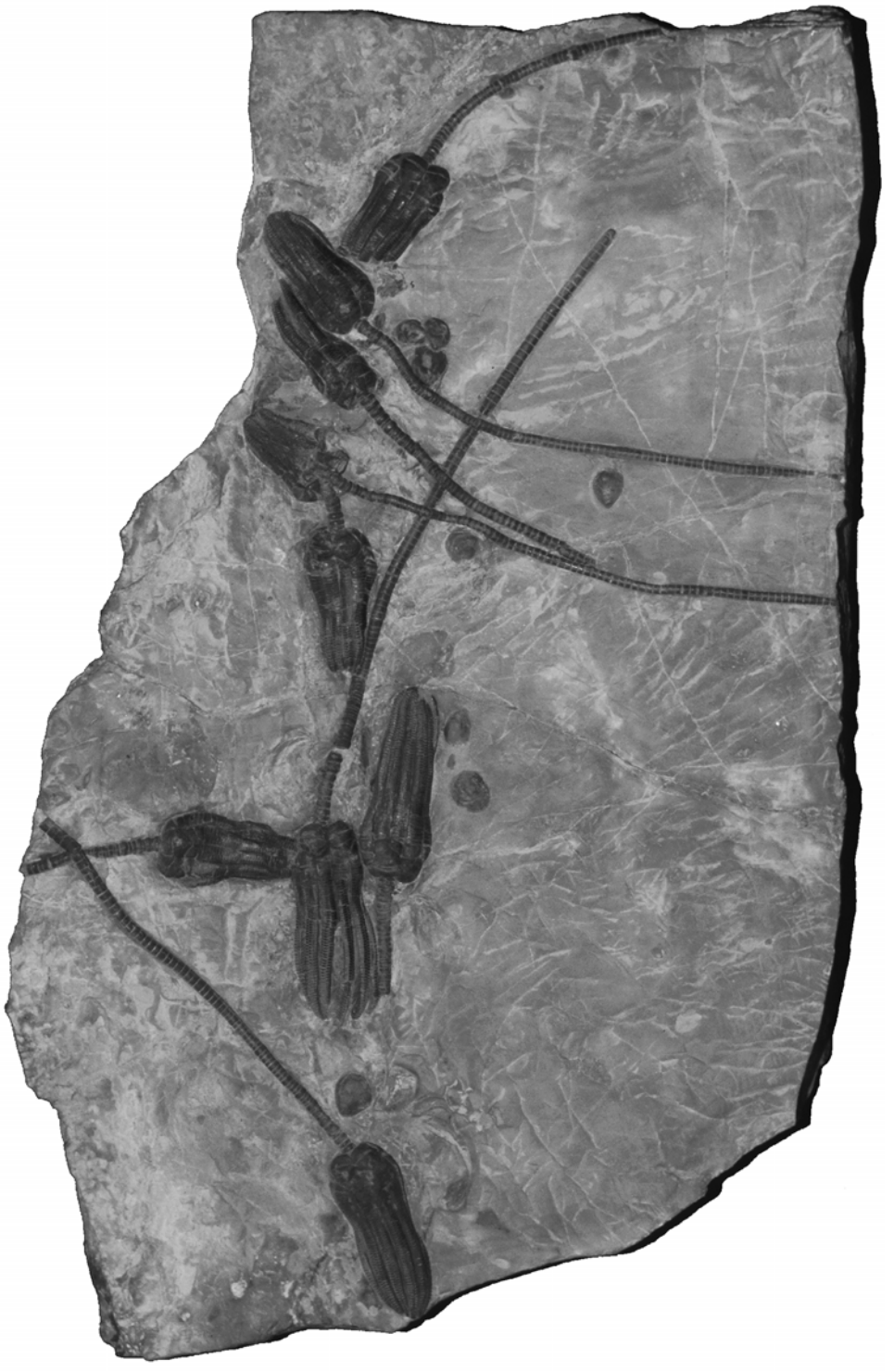


Abb. 3: Abschnitt einer präparierten Steinplatte mit insgesamt 17 Exemplaren von *Encrinus liliiformis* LAMARCK. Die Teilplatte hat die Abmessung 75 x 50 cm.

und den Armspitzen, und setzte sich zum Kelch hin fort. Aufgrund ihrer spongiösen Struktur konnten die Skelettteile, im Wasser eingetaucht, auf dem Wasser treiben. Das spezifische Gewicht rezenter Seelilien entspricht etwa der Dichte des Meerwassers. Die Skelettteile wurden in der Regel durch die Strömung verfrachtet und in einigen Bänken geradezu gesteinsbildend abgelagert. In den Ablagerungen des Diemelgebietes konnte eine deutliche Frachtsonderung, also eine getrennte Sedimentation von Kronenteilen, kleinen und größeren Trochiten, beobachtet werden. Die Ursache ist im unterschiedlichen Gewicht und Strömungswiderstand der Skelettteile zu sehen. Nur unter besonderen Umständen war eine Konservierung der artikulierten Seelilien-Skelette möglich.

8. Lebensumstände der fossilen Population im Diemeltal

Der von *Encrinus* besiedelte, wahrscheinlich nur gering verfestigte Meeresboden lag vermutlich im subtidalen Bereich, tiefer als die durchschnittliche Wellenbasis. Die Seelilien bevorzugten die Schwellenbereiche und deren seeseitige Böschungen (HAGDORN 1978). Bei extremem Wellengang wurde der besiedelte Meeresboden von der unteren Grenze der Wellen erreicht. Bei rezenten Nebenmeeren (vergleichbar mit dem Germanischen Becken) liegt die Sturmwellenbasis zwischen 20 und 40 Metern, an ozeanischen Küsten bei 40 bis 80 Metern Wassertiefe (BUSSE, E. & HORN, M. 1981). HAGDORN (1978) nimmt als Hauptlebensort für die von ihm beobachteten Muschel/Krinoiden-Bioherme des Oberen Muschelkalks bei Crailsheim und Schwäbisch Hall Wassertiefen oberhalb 90 Metern an.

Encrinus besiedelte Muschel- und Brachiopodenschalen. Ob die Anheftung an der lebenden Muschel, oder an allochthonem Material erfolgte, war an den vorgefundenen Haftorganen nicht zu klären. Das in den Schillkalkbänken zusammengespülte Schalenmaterial stand für eine Besiedelung zur Verfügung.

Ein Gehäuse von *Coenothyris vulgaris* aus dem Oberen Trochitenkalk belegt die Besiedelung von Brachiopoden. Auf der Stielklappe wurden 12 discoide Haftscheiben gefunden. Die obere Klappe der mit 20 mm Länge und 25 mm Breite verhältnismäßig kleine Terebratel ist deformiert und eingedrückt. Vermutlich wurde das Gehäuse nicht vollständig mit Sediment verfüllt und durch auflastende Sedimente geschädigt. Die Durchmesser der Haftscheiben betragen ca. 0,12 mm bis 0,3 mm; aus diesen entwickeln sich zentrale Stielansätze. Erste Trochiten mit Axialkanälen sind vereinzelt zu erkennen. Die Besiedelung beschränkt sich auf nur wenige Quadratmillimeter. Die Tiere sind vermutlich durch eine Sedimentschüttung getötet worden (Abb. 4).

Terquemien als Besiedelungsgrund standen im Bereich der Fundlokalität nicht zur Verfügung. Es konnte bisher nur eine kleine Klappe von *Enantiostreon* im Fundhorizont geborgen werden. Ihr Ausbleiben unterstützt die Annahme, daß den sessilen Austern dort der Hartgrund zur Fixierung fehlte. Es kann jedoch nicht ausgeschlossen werden, daß in weiterer Entfernung vom Fundpunkt ein Hartgrund, vielleicht sogar ein Bioherm, existierte. Unter den Fossilien der Bodensenken konnten, ausser *Encrinus*, keine Bioherm-Siedler wie *Enantiostreon* (mit einer Ausnahme), *Philippiella* oder *Placunopsis* angetroffen werden.

HAGDORN (1978) beobachtete bei von *Encrinus liliiformis* besiedelten Myalinen, daß diese meist nur als Schalenfragment erhalten waren. Meist überragten die Bruchflächen des Schalenteils kaum das Haftorgan; waren überdies abgeschliffen oder randlich von Kallus umwallt. Funde aus Lamerden zeigen gleichartige Erscheinungen. Die Seelilien müßten also die Muschel überlebt, und somit eine gewisse Zeit ohne Verbindung zum Untergrund gelebt haben. Beim Transport über den Meeresboden zerbrach die Schale, das anhaftende Schalenfragment wurde im Bereich der Wurzel geschützt, so daß das ehemalige Substrat nur noch in den Abmessungen des armierenden Haftorgans vorhanden war. Anschließend wurden die Reste der Schale kallös umwallt, so daß keine Substrat-

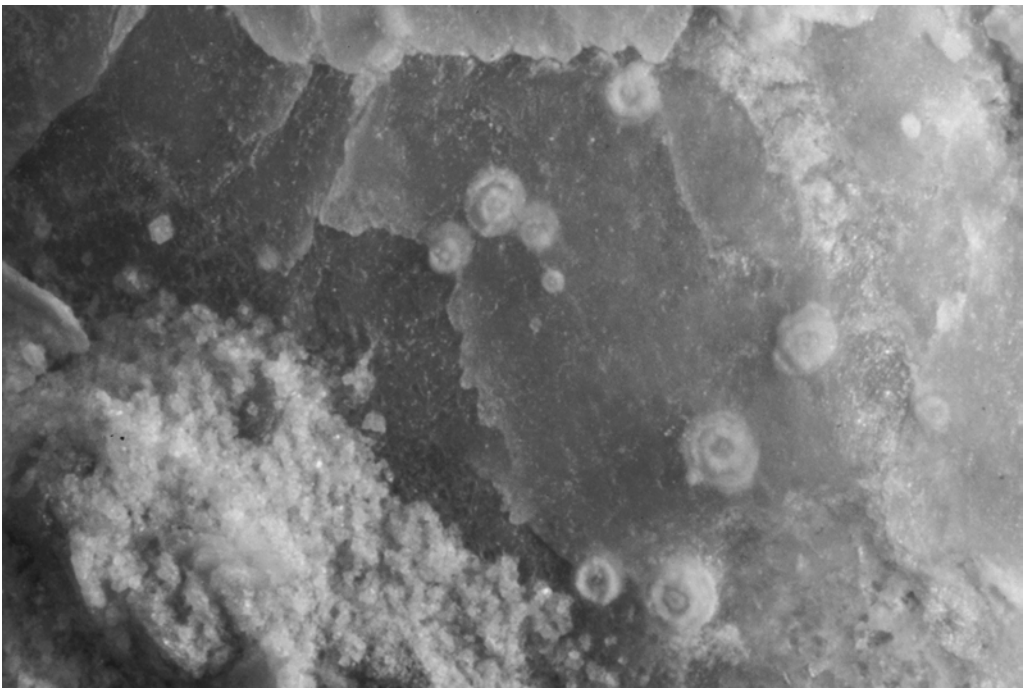


Abb. 4: Oberfläche einer Stielklappe von *Coenothyris vulgaris* mit Epökie von *Encrinus* in früh-juvenilem Stadium. Die Durchmesser der Haftscheiben, aus denen sich zentral Stielansätze entwickeln, betragen ca. 0,12 bis 0,3 mm.

reste oder -abdrücke an der Wurzel erkennbar sind (HAGDORN 1978). Eine sichere Verankerung bei starker Strömung war bei dieser Haftorgan-Ausbildung nicht gewährleistet. Man kann aber annehmen, daß die Reste der vormals besiedelten Muschelschalen als Grundgewicht ausreichten, um die Tiere bei normalem Seegang vor dem Verdriften zu bewahren.

Besiedelten mehrere Seelilien ein kleinformatiges Substrat, so kamen die Tiere in einem gewissen Wachstumsstadium in Platznot, und die Haftorgane verkitteten sich unter Kallusausscheidung miteinander. Dieses Verhalten war die Ursache für die Entstehung der auch in Lamerden angetroffenen inkrustierenden Haftorgane.

Eine „böschungsorientierte“ Besiedelung, wie sie LINCK (1965) vom Neckarwestheimer Vorkommen beschreibt, gilt als erwiesen. Mehrere Haftorgane von Lamerden lassen vermuten, daß sich die Larve seitlich beziehungsweise auf der Unterseite des Substrates ansiedelte. Die aus dem Bodenrelief herausragenden Substrate waren auf ihrer Oberseite einer stärkeren Strömung ausgesetzt, die Larven bevorzugten die Standorte an weniger strömungsexponierten Bereichen. Eine ähnliche Verhaltensweise kann auch bei *Placunopsis ostracina* beobachtet werden. Da Seelilien (wie auch Pflanzen) bestrebt sind, ihren Körper nach oben zu richten, mußte in diesem Fall eine Wuchsrichtungsänderung des Stieles erfolgen. Erreicht wurde dies durch unterschiedliche Wachstumsgeschwindigkeiten von Bogeninnen- und -außenseite der betroffenen Trochiten. HAGDORN (1978) beobachtete Stiele, die mehrere Zentimeter horizontal aufwärts steigend wuchsen, bevor sie sich senkrecht nach oben ausrichteten. Hierbei wies der kallöse Abschnitt nach oben zum Substrat. Ein Haftorgan aus Lamerden weist eine Wuchsrichtungsänderung um 180° auf (Abb. 20).



Abb. 5:
Rekonstruktion der Crinoiden-Lebensgemeinschaft mit *Coenothyris vulgaris*, *Gervilleia socialis* und *Plagiostoma striatum* in den unteren Tonplattenschichten von Lamerden.

Viele der artikuliert vorgefundenen Stielenden weisen keine glatte Trennfläche, sondern einen halbkugelförmigen Abschluß auf. LINCK (1965) erkannte darin neugebildetes Gewebe, welches zum Verschluß des Axialkanals als Nahrungstransportweg diente. Es handelte sich bei diesem Vorgang um einen Regenerationsprozeß, der einige Zeit in Anspruch nahm. Daraus kann geschlossen werden, daß die Tiere (zumindest eine gewisse Zeit) frei im Wasser schwebend weiterleben konnten. Die Neubildung von Wurzeln war vermutlich nicht möglich. Das neu gebildete Gewebe am Stielende wies keinen anderen Aufbau als das am basalen Stielteil auf. Es besaß somit keine höhere Dichte, und kann nicht als Gewicht zur Fixierung am Meeresboden gedient haben. Als Ursache für die Abtrennung des Stieles kann Verletzung oder Autotomie angenommen werden (Abb. 17,18). Die Eigenschaft der Stachelhäuter, bei Störungen des Öko-Systemes Gliedmaßen abzuwerfen, kann an den Funden von Lamerden gut studiert werden. Auswertungen von Massenfunden zeigen im Vergleich, daß die Regenerationsfähigkeit dieser Population überdurchschnittlich stark beansprucht wurde.

Die Ausbildung vieler Stielenden und Haftorgane läßt vermuten, daß zumindest ein erheblicher Teil der Seelilien -entweder mit abgetrennten Haftorganen, oder mit vom Untergrund abgelöster Wurzel- von ihrem ursprünglichen Standort verbracht wurden.

Zahlreiche Seelilien aus Lamerden zeigen regenerierte Arme oder Armspitzen. Oft wurden gleich mehrere Arme gleichmäßig gekappt und wieder regeneriert. Als Ursache dieser Kappungen kann ebenfalls Autotomie angenommen werden; diese setzte vorzugsweise an morphologisch bedingten Schwachstellen im Skelettbau von *Encrinus* an (HESSE 1991).



rechts, Abb. 6: Komplettes juveniles Exemplar von *Encrinus liliiformis* LAMARCK. Die Größe der Seelilie beträgt 60 cm. Die 7 cm hohe Krone ist leicht geöffnet. Das inkrustierende Haftorgan liegt auf 2 Kronen auf, die sich im Zerfallsstadium befinden.

Die Seelilienpopulation bestand aus Tieren verschiedener Wachstumsstadien, mit einem Übergewicht der nicht ganz ausgewachsenen Individuen. Die Kronen maßen Höhen zwischen 3 und 13 cm. Aus dem Vorhandensein mehrerer Generationen kann geschlossen werden, daß der Lebensraum der Tiere über einen längeren Zeitraum bestand.

9. Ursachen für das Absterben der Seelilien-Population und deren Sedimentation

Die Tonmergelsteinschicht als Einbettungsmedium legt die Vermutung nahe, daß die Schüttung dieser Sedimentschicht die Todesursache der Tiere war. Aufgrund von Beobachtungen an rezenten Stachelhäutern weiß man, daß diese sehr empfindlich auf Wassertrübungen reagieren. Eine einsetzende Wassertrübung bewegte die Seelilien zunächst zum reflexartigen Einklappen der Arme. Danach reagierten einige Tiere mit Autotomie auf die lebensbedrohlichen Umstände, wie zahlreiche separierte Armglieder mit anhängenden Pinnulae belegen. Die Sedimentschüttung verursachte schließlich die Verstopfung des Wassergefäßsystems und damit den Tod der Population.

Eine mechanische Verletzung und Schädigung der Seelilien durch anderes Meeresgetier (Fischfraß, Zerbiß der Kronen oder Stiele) kann als Todesursache nicht angenommen werden. Rezente Crinoiden haben wegen der von ihnen produzierten Drüsensekrete kaum Freßfeinde.

Die Tonschüttung kann die Folge eines Sturmes gewesen sein, dessen starke Strömung die verankerten Seelilien vom gering verfestigten Untergrund ablöste und sedimentiertes Tonmaterial aufnahm. Die erstickten Seelilien kamen mit ihrer ebenfalls verfrachteten Begleitfauna in tieferen Bereichen des Bodenreliefs zu liegen. Nach dem Abebben des Sturmes konnte das gelöste Tonmaterial in ruhigem Wasser sedimentieren. Hierbei wurden die zusammengespülten Meerestiere von der konservierenden Tonschicht bedeckt. Das Milieu war nachfolgend verhältnismäßig energiearm, so daß das fossilführende Sediment nicht mehr aufgearbeitet werden konnte. Anzeichen für eine Aufarbeitung des Sedimentes durch Bodenorganismen fehlen im Aufschlußbereich.

Der großen Anzahl von Kronen steht eine bescheidene Zahl von Haftorganen gegenüber. Ein weiter Transport durch die Meeresströmung fällt aufgrund der Erhaltung außer Betracht; so daß wir den Lebensraum in einer beschränkten Entfernung vom Fundort annehmen müssen. Der Lebensraum von *Encrinus* war zeitweise grundberührendem Seegang ausgesetzt. Die allochthonen Muschelschill-Lagen im unteren Bereich der Tonplattenschichten belegen eine Aufarbeitung der Sedimente.

Die Oberfläche des fossilführenden Horizontes zeigt stellenweise deutliche Deformationen, die auf eine Druckbeanspruchung des nur gering verfestigten Meeresbodens von auflastendem Sediment schließen lassen.

Trochiten in den hangenden Schichten belegen ein *Encrinus*-Vorkommen bis in den oberen Teil der *pulcher/robustus*-Zone.

10. Bergung der Fossilplatten

Die Fossilien der ersten Fundlokalität ragten aus der Schillkalkbank heraus, stellenweise lagen sie auf dieser auf. Die 8 bis 15 cm dicken Plattenstücke konnten nach dem Abtragen der Schichten im Hangenden leicht geborgen werden. Die einzeln geborgenen Platten wurden während der Präparation mit Zweikomponentenkleber zusammengefügt.

Die Bergung der Fossilschicht der zweiten Fundlokalität gestaltete sich weitaus schwieriger. Die Fossilien lagen inmitten einer ca. 4 cm dicken Tonmergelsteinschicht, dieser folgten im Liegenden dünne, nur leicht verfestigte Mergelsteinlagen, die zudem kleinflächig gebrochen waren. Hob man die auf der Fundschicht aufliegenden Kalksteine an, so blieb die Tonmergelsteinlage oft an dieser kleben. Somit mußte die Fossilschicht erst mit einer großen Spachtel von der hangenden Schicht abgelöst werden.

Danach erfolgte die großflächige Freilegung des Fundhorizontes. Die zur Bergung vorgesehenen Bereiche des Fundhorizontes wurde mit einem Winkelschleifer mit Diamant-Trennscheibe proportioniert. Die Plattenausschnitte wurden so festgelegt, daß möglichst wenige Trennschnitte durch Fossilmaterial erfolgen mußten. Das angrenzende Gesteinsmaterial entfernte man im Abstand von ca. 15 Zentimetern, so daß die Fossilschicht ohne Zwängungen von den Schichten im Liegenden gelöst werden konnte. Durch diese Bergungsmethode ist es leider nicht möglich, zusammengehörende Platten aus der Fließrinnenfüllung ohne Fehlstellen wieder zusammenzufügen. Die Lage der Einzelplatten zueinander wurde jedoch aufgenommen.

Anschließend wurde die Fossilschicht mit Kunstharz übergossen, eine Armierung der bis zu 180 cm langen Plattenabschnitte erfolgte mit Glasvlies-Gewebe. Im nächsten Arbeitsschritt erfolgte, ebenfalls mit Kunstharz und mehreren Lagen Armierungsgewebe, die Verfestigung der Plattenrückseite. Diese erhielt zusätzliche noch eine druck- und zugsteife Bewehrung in Form von Holz-Profilstäben. Danach konnte die Kunstharzschicht der Plattenoberseite mit einer Modellbau-Fräse durchtrennt und in kleinen Partien abgehoben werden. Nun konnte die Präparation der Einzelplatten beginnen.

Nach Abheben einer dünnen Tonmergelsteinschicht, die man zum Schutz der Fossilien auf der Oberfläche belassen hatte, zeigte sich erst jetzt der wahre Umfang der Funde. Auf den Fossilplatten befanden sich bis 65 Kronen von *Encrinus lilliformis*, vergesellschaftet mit *Coenothyris vulgaris*, *Plagiostoma striatum*, *Gervilleia socialis* und bis zu einem Dutzend Ceratitenresten. Fossilien, die inmitten der Tonmergelsteinschicht konserviert wurden, mußten mit Sekundenkleber auf der Oberfläche der Platte befestigt werden. Die Feinpräparation der verfestigten Oberfläche erfolgte mit kleinen Schabern und Zahnbürsten. Durch das Auftragen von Tiefgrund wurde der stellenweise belassene Tonmergelstein verfestigt.

Der Abbaubetrieb im Steinbruch verursachte Störungen in der Lagerschicht, Kronen und Stielabschnitte wurden dadurch umgelagert. Auf eine unsichere Rekonstruktion der beschädigten Seelilienskelette wurde bisher verzichtet. Die nicht auf der Platte rekonstruierten Skelettteile werden, mit Hinweis auf ihre Herkunft, weiterhin aufbewahrt.

Die Präparationsarbeiten sowie detailliertere Auswertungen des Fundmaterials dauern zum heutigen Tage noch an.

11. Beobachtungen an den Seelilien-Skeletten

11.1 Kronen

Der Erhaltungszustand der Fossilien unterscheidet sich bei den räumlich kaum auseinanderliegenden Fundlokalitäten deutlich.

Die Seelilien des ersten Fundpunktes weisen nur geringe Schädigungen auf. 95 % der Kronen sind geschlossen. Bei etwa der Hälfte der Kronen sind die Skeletteile der Kelche durch den Auflastdruck der Sedimentschichten geringfügig aus ihrem Verband bewegt worden. Wenige Kelche sind eingedrückt. Die Exemplare gehören, mit zwei Ausnahmen, einer Generation an.

Seite 260, Abb. 7: Ausschnitt aus einer Fossilplatte von Fundlokalität 2. Die Abmessung der Gesamtplatte beträgt ca. 160 x 52 cm, die des Ausschnittes ca. 69 x 48 cm. Der Ausschnitt zeigt 40 von insgesamt 63 Kronen.

Seite 261, Abb. 8: Detail aus Abbildung 6: Der Ausschnitt zeigt 12 juvenile Kronen, Reste von Ceratiten sowie Exemplare von *Gervilleia socialis* und *Coenothyris vulgaris.* Die Abmessung des Bildausschnittes beträgt 29 x 20 cm.

Seite 262, Abb. 9: Detail aus Abbildung 6: Der Ausschnitt zeigt 15 meist juvenile Kronen sowie 5 zerdrückte Ceratiten. Die Abmessung des Bildausschnittes beträgt 29 x 20 cm.

Seite 263, Abb. 10: Detail aus Abbildung 6: Neun Kronen, teilweise ohne anhängenden Stiel. In der Bildmitte ein achtarmiges Exemplar. Ein Klappe von *Plagiostoma striatum* überdeckt eine ausgewachsene Krone (rechter Bildrand). Die Abmessung des Bildausschnittes beträgt 29 x 20 cm.











links, Abb. 11:
Krone mit gekappten Armen. Ein Arm weist eine regenerierte Spitze auf. Die Pinnulae des äußeren, rechten Armes belegen, daß sich die Krone noch nicht im Zerfallsstadium befindet. Die Breite der Krone beträgt 3,8 cm.

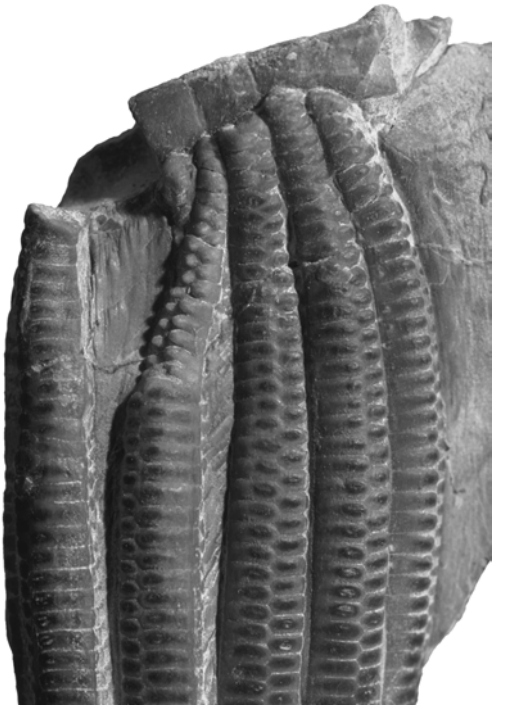
unten, Abb. 12:
Krone mit nachgewachsenem Arm im frühen Regenerationsstadium. Die Breite der Krone beträgt 4,0 cm.

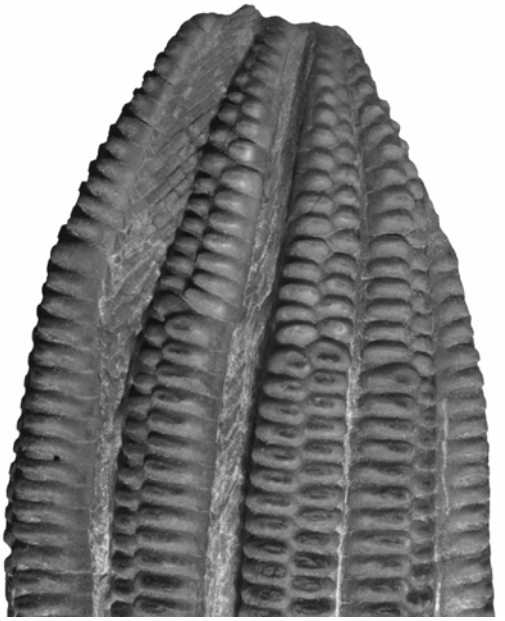
Die Seelilienkronen des zweiten Fundpunktes sind fast vollständig im Kelchbereich stark eingedrückt. Einige Kelche sind durch Gleitbewegungen der hangenden Schillkalkbank regelrecht zermalmt worden. Eine Ausnahme bildeten jene Exemplare, die im Bereich einer festen Matrix im Kalkgestein eingebettet waren, und nur geringfügig aus dieser herausragen. Diese sind generell sehr gut erhalten; die Kronen sind weder mit Sediment verfüllt noch deformiert. Die tiefe Verschüttung sowie eine schnelle Zementation der Matrix haben die Kronen außergewöhnlich gut konserviert.

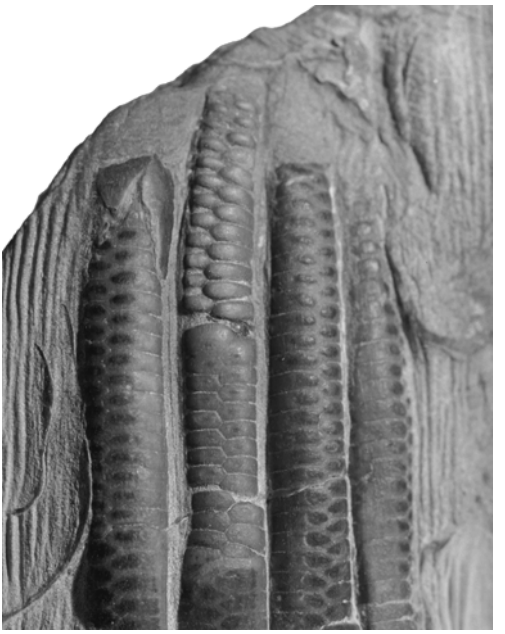
Einige wenige Exemplare weisen deutliche Zerfallserscheinungen auf; sie müssen sich schon vor dem Absterben der restlichen Population im Zerfallsstadium befunden haben.

Der Anteil der geöffneten Kronen beträgt ca. 8 %. Die Seelilien gehören mehreren Generationen an. Die kleinste Krone weist eine Länge von 3 cm auf, das größte Exemplare mißt 13 cm. Die kleineren Kronen besitzen eine deutlich hellere Färbung.

An zahlreichen Exemplaren beider Fundlokalitäten sind Armspitzen gekappt worden. Die gleichmäßige Abtrennung längerer Armpartien läßt auf Autotomie schließen; eine Disartikulation im Laufe des Zerfallssprozesses wird ausgeschlossen.







links oben, Abb. 13: Exemplar mit regenerierten Armspitzen. Alle sichtbaren Arme wurden in einer Linie abgetrennt. Die Breite des Ausschnittes beträgt ca. 4 cm.

rechts oben, Abb. 14: Krone mit gekappten Armspitzen. Der mittlere Arm ist bereits zweifach regeneriert. Die Breite des Ausschnittes beträgt ca. 4 cm.

unten, Abb. 15: Unregelmäßig regenerierte Armspitzen. Der 3. Arm von links ist zweifach regeneriert. Die Breite des Ausschnittes beträgt ca. 4 cm.
(Sammlung T. KRAUSE, Helsa)





Abb. 16: Zwölfarmige Krone mit gekappten Armspitzen. Der Aufbau des Kelches ist sechsstrahlig. Die Krone mißt in der Breite 4,5 cm.

26 der 352 ausgewerteten Kronen besitzen erkennbar regenerierte Armspitzen (Abb. 11-15). Mehrere Kronen weisen eine doppelte Regeneration eines Armes auf (Abb. 14, 15). Ein Exemplar läßt erkennen, daß mindestens 7 Arme auf einer Linie abgetrennt und vollständig regeneriert wurden (Abb. 14). Es wurden verschiedene Regenerationsstadien angetroffen. Die ersetzten Arme entwickelten sich, wie bei juvenilen Seelilien, zunächst in die Länge (Abb. 12), bevor ihr Durchmesser dem der erhaltenen Arme angepaßt wurde (Abb. 13, 15). Nach abgeschlossener Regeneration sind die Bruchstellen kaum mehr erkennbar.

Es wurden 15 separierte Arme mit anhängenden Pinnulae gefunden. Ihr Erhaltungszustand spricht dafür, daß sie autotomiert wurden, also nicht von Kronen stammen, die sich bereits im Zerfallsstadium befanden. Wahrscheinlich sind bei der Bergung zahlreiche kurze Armabschnitte im Einbettungssediment übersehen worden, so daß eine deutlich höhere Anzahl von abgetrennten Armspitzen angenommen werden muß. Die Autotomie ist als Reaktion auf ökologischen Störungen zu verstehen. (Tab. 2)

Sechs Kronen weisen eine Abweichung von der regulären Arm-Anzahl (10) auf. Es wurden Kronen mit acht, neun und zwölf Armen gefunden. Die Ausbildung von lediglich acht Armen basiert auf dem vierstrahligen Aufbau des Kelches. Eine zwölfarmige Krone besitzt einen sechsstrahligen Aufbau (Abb. 16). Einer neunarmigen Krone fehlt eine Primaxillarie, so daß sich nachfolgend nur ein etwas dickerer Arm entwickeln konnte. Da viele Kronen in der Gesteinsmatrix eingebettet sind, ist davon auszugehen, daß viele derartige Anomalien nicht erkannt wurden.

11.2 Stiele

Artikulierte Stiele liegen in folgender Form vor:

- Stiel mit Haftorgan; vom Untergrund abgelöst
- Stielabschnitte mit abgerundeten, regenerierten Stielenden
- Stielabschnitte mit artikulierten Stielenden ohne Regeneration.

Zahlreiche Stielabschnitte weisen zur Wurzel hin ein regeneriertes Stielende auf. LINCK (1965) erkannte in dem neugebildeten Gewebe einen Regenerationsprozeß, der den Verschluß des Zentralkanals zur Nährstoffversorgung im Stiel bewirkt. Die Gewebeneubildung schließt halbkugelförmig an das letzte Stielglied an.

Ein längerer Stiel weist im mittleren Abschnitt eine Reduzierung des Querschnittes auf, und weist über eine Länge von 18 cm halbkreisförmige Abmessungen auf. Die Übergänge zu den normal ausgebildeten Stielabschnitten sind schleichend.

Von 240 Kronen, die auf Matrix geborgen wurden, stehen etwa 75 % in Verbindung mit

Höhe der Kronen*	< 4 cm	> 4 cm	> 6 cm	> 9 cm	> 12 cm
Anzahl der ausgewerteten Kronen insgesamt (352)	1 %	15 %	76 %	7 %	1 %
davon mit erkennbar gekappten Armen oder Armspitzen**	75 %	54 %	45 %	56 %	40 %
davon mit erkennbar regenerierten Armen oder Armspitzen	-	-	10 %	12 %	-
davon mit abweichender Armanzahl (< 10; > 10)	-	-	2 %	4 %	-

Tabelle 2: Größenverteilung der ausgewerteten Kronen mit Angaben zur Ontogenese
* Bei gekappten Armen wurde die Höhe der vollständig ausgebildeten Krone rekonstruiert
** Hier sind diejenigen Kronen erfaßt, bei denen davon auszugehen ist, daß keine Dislozierung der Arme und Armspitzen nach der Einbettung erfolgte





Abb. 17 und 18: Halbkugelförmig regenerierte Stielenden. Es handelt sich hierbei um neugebildetes Gewebe, welches zum Verschluß des Axialkanals als Nahrungstransportweg dient. (Sammlung T. KRAUSE, Helsa)

einem Stielabschnitt. Es wurden insgesamt 28 regenerierte Stielenden beobachtet (Abb. 17, 18).

11.3 Haftorgane

In situ-Haftorgane konnten weder in der Bodensenke, noch in benachbarten Bereichen nachgewiesen werden. Reste von Haftorganen auf konservierten Muschelschalen oder Schalenfragmenten waren im Fundhorizont nicht nachweisbar.

Haftorgane, die Reste von Substrat erkennen lassen, fehlen ebenso wie solche, deren Unterseite das Relief des Wirtsgehäuses zeigt. Mit einer Ausnahme scheinen alle vorgefundenen Exemplare einen kleinformatigen Substratrest zu umwallen.

Alle vorgefundenen Exemplare lagen, immer mit Stielabschnitt, in der Bodensenke. Von 12 vorgefundenen Haftorganen gehören 5 dem inkrustierenden Typ an. In den anderen 7 Fällen umschloß das einzelne Haftorgan, meist glockenartig, einen nicht näher zu bestimmenden Substratrest (Abb. 20). Eine sichere Verankerung am Untergrund kann bei dieser Haftorgan-Ausbildung nicht angenommen werden.

Ein etwas ungewöhnliches Haftorgan wurzelt unter einer Klappe von *Gervilleia socialis*. Aus ihm entwickeln sich 4 Stiele verschiedener Generationen. Die Wuchsrichtung zweier Stiele scheint, abweichend zu den anderen, zunächst horizontal zu verlaufen. Über eine Länge von ca. 6 cm entwickeln sich aus den Trochiten mehrfach seitliche „Äste“, offenbar mit dem Ziel, die Schale zu umschließen oder



links, Abb. 19:
Inkrustierendes Haftorgan mit Wurzelverästelungen. Die Länge des Stielabschnittes beträgt 10,0 cm.

rechts, Abb. 20:
Haftorgan mit deutlicher Wuchsrichtungsänderung im unteren Stielabschnitt. Der Durchmesser des Stielendes beträgt 0,9 cm.



unten, Abb. 21: Inkrustierendes Haftorgan, zur vollständigen Seelilie von Abb. 6 gehörig. Das Haftorgan steht in Verbindung zu zwei Stielen in noch juvenilem Stadium. Ein dritter Stielansatz weist einen deutlich kleineren Durchmesser auf, als die erhaltenen Stiele. Die erhaltenen Stiele messen 0,7 cm im Durchmesser.



um die Haftfläche an der Schalenaußenseite zu vergrößern. Derartige Wurzelverästelungen konnten nur ein einziges Mal beobachtet werden (Abb. 19).

In nur einem Fall konnte eine vollständige Seelilie mit vom Untergrund abgelöstem Haftorgan gefunden werden (Abb. 6, 21). Das juvenile Exemplar mißt 60 cm in der Höhe. Bei der Wurzel handelt es sich um den inkrustierenden Typ mit drei Stielansätzen. Ein Stielansatz weist im Vergleich zu den anderen einen wesentlich geringeren Durchmesser auf, er steht nicht mehr in Verbindung mit einem Stielabschnitt. Es war somit nicht zu klären, ob die fehlende Seelilie bereits in einem früheren Entwicklungsstadium getötet wurde, oder ob alle Individuen, zu mehreren Generationen gehörig, gleichzeitig verendeten.

12. Begleitfauna

Die angetroffene Begleitfauna umfaßt die in den Tonplattenschichten des Oberen Muschelkalks bekannten und häufigen Arten. Gastropoden konnten nicht nachgewiesen werden. *Enantiostreon* mit seiner Hauptverbreitung im Trochitenkalk des Aufschlusses scheint in den hangenden Schichten zu fehlen.

12.1 Fundlokalität 1

Plagiostoma striatum (SCHLOTHEIM)
Vereinzelt im Fundhorizont angetroffen, als Steinkern erhalten, meist etwas zerdrückt.

Gervilleia socialis (SCHLOTHEIM)
Liegen in Steinkernerhaltung vor, wenige Exemplare, meist zerdrückt.

Coenothyris vulgaris (SCHLOTHEIM)
Häufig im Fundhorizont anzutreffen; Exemplare liegen in guter Steinkernerhaltung vor.

Ceratites sp., ex aff. *pulcher*
Exemplare aus dem Fundhorizont sind zerdrückt und nicht näher zu bestimmen.

Pisces
Diverse Schuppen und Zähne; u. a.: *Hybodus*

12.2 Fundlokalität 2

Plagiostoma striatum (SCHLOTHEIM)
Vereinzelt im Fundhorizont anuztreffen, als Steinkern erhalten, meist zerdrückt.

Gervilleia socialis (SCHLOTHEIM)
Nur wenige deformierte Steinkerne liegen vor, die Oberflächen der Steinkerne sind dunkel eingefärbt

Coenothyris vulgaris (SCHLOTHEIM)
Häufig im Fundhorizont anzutreffen; Exemplare liegen in guter Steinkernerhaltung vor.

Enantiostreon sp.
Bisher liegt nur ein kleines, gut erhaltenes Exemplar vor.

Ceratites sp., ex aff. *pulcher*
Exemplare aus dem Fundhorizont sind zerdrückt und nicht näher zu bestimmen.

Germanonautilus bidorsatus (SCHLOTHEIM)
2 schlecht erhaltene Steinkerne wurden zusammen mit Stielabschnitten von *Encrinus* neben der Bodensenke gefunden.

Pisces
Diverse Schuppen und Zähne; u. a.: *Acrodus*

Vertebrata
Es liegt ein bisher unbestimmter Wirbeltierrest vor.

Literatur

AIGNER, T. (1977): Schalenpflaster im Unteren Hauptmuschelkalk bei Crailsheim (Württemberg, Trias, mo1) – Stratinomie, Ökologie, Sedimentologie. – N. Jb. Geol. Paläont., Abh., **153**, Stuttgart

BIESE, W. (1927): Über die Encriniten des Unteren Muschelkalkes von Mitteldeutschland. – Abh. Preuß. geol. L.-Anst., N. F.; **103**, Berlin

BUSSE, E. (1952): Feinstratigraphie und Fossilführung des Trochitenkalks im Meißnergiebiet, Nordhessen. – Notizbl. Hess. L.-Amt Bodenforschung, (VI) **3**; Wiesbaden

BUSSE, E. (1972): Fazies und Fauna des Oberen Muschelkalkes von Willebadessen. – Philippia, **1/3**; Kassel

BUSSE, E. & HORN, M. (1981): Fossilführung und Stratigraphie der Gelben Basisschichten (Oberer Muschelkalk) im Diemelgebiet. – Geol. Jb. Hessen, **109**; Wiesbaden

FREDD, D. (1994): Unser Traum – Ein Massenvorkommen von *Encrinus liliiformis* LAMARCK. – Arbeitskreis Paläontologie Hannover, 22. Jahrgang, **3**; Hannover

GRAFF, L. v. (1882): Ueber einige Deformitäten an fossilen Crinoiden. – Palaeontographica, **31**; Kassel

GROETZNER, J. P. (1962): Stratigraphisch-fazielle Untersuchungen des Oberen Muschelkalks im südöstlichen Niedersachsen zwischen Weser und Oker. – Diss. (Manuskript); TH Braunschweig

GRUPE, O. (1911): Zur Stratigraphie der Trias im Gebiet des oberen Wesertals. – Jber. Nieders. Geol. Ver., **4**; Hannover

HAGDORN, H. (1978): Muschel/Krinoiden-Bioherme im oberen Muschelkalk (mo1, Anis) von Crailsheim und Schwäbisch Hall (SW-Deutschland). – N. Jb. Geol. Paläont. Abh., **156**; Stuttgart

HAGDORN, H. (1982a): Epökie von *Encrinus liliiformis* LAMARCK auf Coenothyris vulgaris (v. SCHLOTHEIM). – Veröff. Natkde.-Mus. Bielefeld, **4**, 35-38; Bielefeld

HAGDORN, H. (1982b): *Chelocrinus schlotheimi* (QUENSTEDT) 1835 aus dem Oberen Muschelkalk (mo1, Anisium) von Nordwestdeutschland. – Veröff. Natkde.-Mus. Bielefeld, **4**, 5-33; Bielefeld

HAGDORN, H. & SIMON, T. (1988): Geologie und Landschaft des Hohenloher Landes. – Jan Thorbecke Verlag; Sigmaringen

HAGDORN, H. & SCHULZ, M. (1996): Echinodermen-Konservatlagerstätten im Unteren Muschelkalk Osthessens; 1. Die Bimbacher Seelilienbank von Großenlüder-Bimbach. – Geol. Jb. Hessen **124**, 97-122; Wiesbaden

HESEMANN, J. (1975): Geologie Nordrhein-Westfalen. – F. Schöningh-Verlag; Paderborn

HESSE, R. (1991): Untersuchungen an einem monotypischen Fund von *Encrinus liliiformis* aus dem Oberen Muschelkalk bei Bad Driburg. – Geol. Paläont. West., **19**, 7-46; Münster

KAESTNER, A. (1957): Lehrbuch der speziellen Zoologie, Teil I: Wirbellose, 2. Halbband. – VEB Gustav Fischer Verlag; Jena

KLEINSORGE, H. (1934): Faziesverhältnisse des Oberen Muschelkalks am Nordrande der Rheinischen Masse. – Cbl. Min. Geol. Paläont., Abt.; Stuttgart

KLEINSORGE, H. (1935): Paläogeographische Untersuchungen über den Oberen Muschelkalk in Nord- und Mitteldeutschland. – Mitt. geol. Staatsinst. Hamburg, **15**; Hamburg

KNAPP, G. (1986): Geologische Karte von Nordrhein-Westfalen; Erläuterungen zu Blatt 4421 Borgentreich. – S. 33-41. Geologisches Landesamt Nordrhein-Westfalen; Krefeld

KOZUR, H. (1974): Biostratigraphie der germanischen Mitteltrias. Teile 1-3. – Freiberger Forschungshefte, **C 280**; Leipzig

LINCK, O. (1965): Stratigraphische, stratinomische und ökologische Betrachtungen zu Encrinus liliiformis LAMARCK. – Jh. Geol. Landesamt Baden-Württemberg, **7**, 123-148; Freiburg i. Br.

MEIBURG, P. (1983): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Hessen, Blatt Nr. 4521 Liebenau. – Hess. L.-Amt Bodenforsch.; Wiesbaden

MÜLLER, A. H. (1978): Lehrbuch der Paläozoologie, Bd. II Invertebraten, Teil 3 Arthropoda 2 - Hemichordata; Jena

NAUMANN, P. (1998): Muschelkalkfossilien in Nordhessen; „Fossilien", **5**; September/Oktober 1998, Goldschneck-Verlag; Korb

NN (1996): Fundberichte zu „Muschelkalk im Diemeltal". – in: Geologia Hassiae – Jahresrückblick der Geologischen Interessengemeinschaft Nordhessen e. V., **7-10**; Hofgeismar

SCHMIDT, M. (1928): Die Lebewelt unserer Trias; Oehringen

SCHMIDT, M. (1938): Die Lebewelt unserer Trias, Nachtrag; Oehringen

STROMBECK, A. von: Ueber Missbildungen von *Encrinus lilliformis* LAM. – Palaeontographica, **4**, 169-178; Kassel.

Manuskript bei der Schriftleitung eingegangen am 28. September 1998

Anschrift des Verfassers
Armin Weissmüller
An der Kurhessenhalle 11
34134 Kassel

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Philippia. Abhandlungen und Berichte aus dem Naturkundemuseum im Ottoneum zu Kassel

Jahr/Year: 1997-1998

Band/Volume: 8

Autor(en)/Author(s): Weissmüller Armin

Artikel/Article: Ein umfangreicher Fund von Encrinus liliiformis Lamarck im Oberen Muschelkalk (mo2) des Diemeltales (Nordhessen) 245-270