

NEUE OPHIUREN AUS LIASSISCHEN SLOPE-SEDIMENTEN DER NÖRDLICHEN KALKALPEN IN DER UMGEBUNG VON LOFER (SALZBURG)

von

Helfried MOSTLER & Karl KRAINER

Mit 2 Abbildungen und 6 Tafeln

Zusammenfassung:

In der Umgebung von Weißbach bei Lofer (Salzburg) sind in liassischen Rotkalken des Sinemurien und Unteren Pliensbachien, die in einem lokalen, durch synsedimentäre, bereits im Hettangien einsetzende Bruchtektonik herausgeformten Riftbecken abgelagert wurden, Ophiurenreste ein häufig auftretender Bestandteil, was bisher nicht bekannt war.

Diese Rotkalle bilden die Normalsedimentation und wurden während verstärkter tektonischer Bewegungen im Sinemurien und unteren Pliensbachien neben zahlreichen submarinen Schüttungen (v.a. verschiedene Typen von Debriten sowie Echinodermen-Grainstones und Echinodermen-Packstones) abgelagert, bevor es zum synsedimentären Eingleiten riesiger Dachsteinkalkblöcke kam. Diese Sedimentationsprozesse stehen in engem Konnex mit der starken Rifttektonik, die ihren Höhepunkt im Sinemurien und unteren Pliensbachien erreichte (MOSTLER et al., 1989).

Aus den Rotkalken konnte ein breites Spektrum von Ophiuren-Skelettanhängen gewonnen werden, darunter auch eine neue Gattung *Ophioliassica* mit zwei Arten (*Ophioliassica ingridae* und *Ophioliassica baloghi*). Diesen beiden neuen Arten kommt möglicherweise ein stratigraphischer Leitwert für das Sinemurien und Pliensbachien zu.

Für diese Rotkalle und submarinen Schüttungen, die als Ablagerungen eines tieferen Slopes aufgefaßt werden und eine Übergangsfazies zwischen Scheibelberg-Formation und Adneter Formation darstellen, wird der Begriff Weißbach-Formation eingeführt.

Abstract:

Near Weißbach/Lofer (Salzburg, Austria), Ophiuroid remains are a frequent constituent of Liassic (Sinemurian to Pliensbachian) red pelagic limestones, which were deposited in a local rift basin of the Northern Calcareous Alps. This Liassic rift basin was formed by synsedimentary tectonic movements, which started already during the Hettangian.

The red pelagic limestones represent the background sediment and were deposited during strong tectonic activity together with high amounts of allochthonous sediments (various types of debris flows, echinoderm grainstones, echinoderm packstones), before large blocks of Dachstein limestone glided into the basin. These sedimentary processes are related to strong rift tectonics with its climax during the Sinemurian and Lower Pliensbachian.

From the red pelagic limestones a broad spectrum of ophiuroid remains (body wall appendages, esp. hooks and spines from the disks and arms) was obtained. Special parasol spines from the distal part of the arms belong to the new genus *Ophioliassica*, which includes two new species: *Ophioliassica ingridae* and *Ophioliassica baloghi*.

These new species probably are index fossils for the Sinemurian and Pliensbachian.

For the red pelagic limestones and associated allochthonous sediments, which are interpreted to have been deposited on the lower slope representing the transition facies between the Scheibelberg Formation and Adnet Formation, the new term „Weißbach Formation“ is introduced.

1. Einleitung

Ophiuren haben im Laufe ihres Bestehens seit dem Ordovizium alle marinen Lebensräume erobert, einige unter ihnen tolerieren sogar Brackwasserbedingungen. Aufgrund einer leicht zersetzbaren Körperwand (dreiteilige Haut) sind sie nur unter besonderen Einbettungsbedingungen fossil vollkörperlich überlieferbar.

Weit über 98% aller Ophiuren zerfallen nach dem Tod in viele Skeletteinzelteile, die postmortal verdriftet und in vielen Fällen durch Bodenströmungen einer Frachtsonderung unterworfen werden. Ophiurenskelettelemente sind weit häufiger verbreitet als früher angenommen wurde. In Dünnschliffen erkennt man meist nur die Armwirbel, die durch zwei symmetrische, kristallographisch unterschiedlich orientierte Einkristalle auffallen.

Im unlöslichen Rückstand mesozoischer Karbonatgesteine sind Ophiurenskelett-Teile oft die häufigsten Biogenreste. Isolierte Skelettelemente lassen im allgemeinen keine systematische Einordnung zu. Eine Ausnahme bilden die Lateralschilder, mit deren Hilfe eine generische bis artliche Zuordnung möglich ist.

Die zuvor aufgezählten Gründe sind dafür verantwortlich, daß fossile Ophiuren weitgehend unberücksichtigt blieben. Hier ist es vor allem HESS zu verdanken, der von den wenigen vollkörperlich überlieferten Ophiuren die einzelnen Skelettelemente genau studierte und damit den Grundstein für eine systematische Verwendbarkeit legte.

Wenn auch generell eine artliche Zuordnung nur auf dem Wege über Lateralschilder akzeptiert wird, ist es über auffallend entwickelte andere Skelettreste ebenfalls möglich, Arten aufzustellen. So können, wie in unserem Falle, besonders gestaltete Skelettanhänge einer artlichen Bestimmung zugeführt werden.

Ganz allgemein sind die Skelettanhänge der Scheiben und der Arme der fossil überlieferten Ophiuren jenen der rezenten sehr ähnlich, und dies schon seit ihrem Erstauftreten im basalen

Ordovizium (MOSTLER, Ophiurenskelettelemente aus dem Paläozoikum, in Vorbereitung).

Um dies aufzuzeigen, wurde in dieser Studie auch ein Ophiurenstachel aus dem Ordovizium Schwedens abgebildet.

Neben den besonders gestalteten Stacheln vom Typus „Parasolstachel“, die artlich erfaßt wurden, werden auf zwei Tafeln die vielen Typen von Skelettanhängen aus dem Lias (Sinemurien – Pliensbachien) dargestellt, um aufzuzeigen, wie vielfältig deren Bauformen sind, aber auch um darzulegen, daß es aufgrund des breiten Spektrums an Stacheln und Haken im Lias viele Ophiurenarten gegeben haben muß. Auf jeden Fall sind es weit mehr als bisher bekannt gemacht wurden (vgl. HESS, 1975).

2. Lokalität und geologischer Rahmen

Das untersuchte Profil, aus dem die in Kap. 4 beschriebenen Ophiuren stammen, liegt südöstlich von Weißbach bei Lofer (Salzburg), an einem Forstweg auf der orographisch rechten (östlichen) Talseite der Saalach im Bereich des Fußstein in ca. 1120 m Seehöhe (siehe Abb. 1).

Hier ist über dem obertriassischen Dachsteinkalk, der im obersten Abschnitt zahlreiche mit roten und grauen Sedimenten (Hierlatzkalk, Lias-Basiskalk) aufgefüllte Spalten aufweist, eine rund 25 m mächtige Abfolge von liassischen Rotkalken aufgeschlossen. Über dieser Abfolge liegt ein riesiger, bis zu mehrere 100 m mächtiger, synsedimentär eingegleitener Dachsteinkalk-Block (Olistolith). Im Zuge der Eingleitprozesse sind die zu diesem Zeitpunkt noch nicht verfestigten Rotsedimente an der Basis dieses Blockes eindrucksvoll deformiert worden. Die Darstellung der liassischen Beckenentwicklung und der damit verbundenen Sedimentationsprozesse in diesem Raum bleibt einer eigenen Arbeit vorbehalten.

Die Abfolge liegt innerhalb der Stauffen-Höllengebirgsdecke (Tirolikum) der Nördlichen Kalkalpen (siehe TOLLMANN, 1976).

Ähnliche Rotkalken („Hallensteiner Marmor“) sind auch in einem aufgelassenen Steinbruch bei

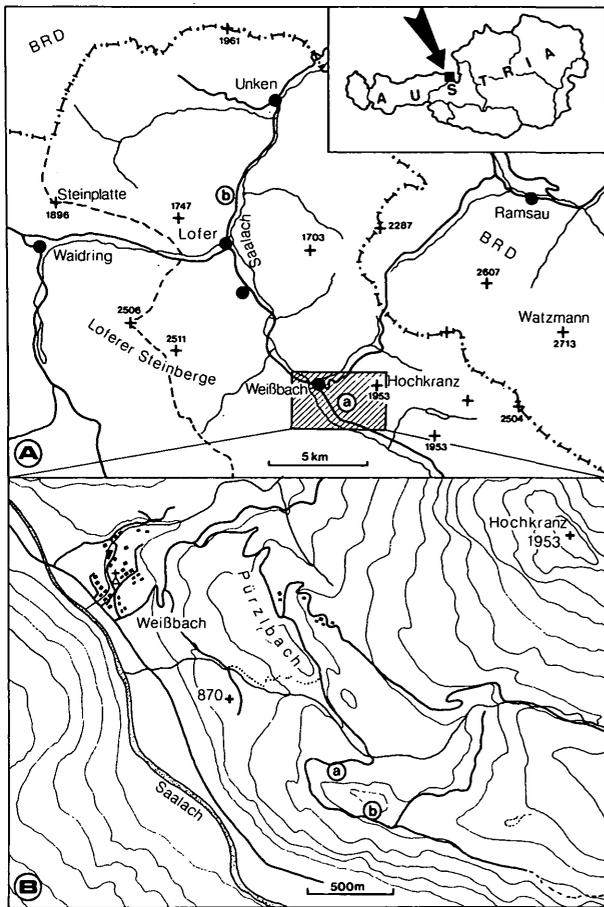


Abb. 1: Karte A ist eine Übersichtskarte mit der Lage der untersuchten Lokalitäten bei Weißbach (a) und Maurach (b). Karte B zeigt die Lage der untersuchten Profilabschnitte der Weißbach-Formation SE Weißbach (a unterer Profilabschnitt und b oberer Profilabschnitt).

Maurach nordöstlich von Lofer aufgeschlossen (Abb. 1). Das von dieser Lokalität aufgesammelte Probenmaterial lieferte ebenfalls interessante Ophiurenreste.

3. Sedimentologische Daten

Das bei Weißbach aufgenommene Profil besteht im unteren Abschnitt aus dünn bis grob gebankten, roten, selten auch hellbräunlichen Knollenkalken mit vereinzelt Subsolutionserscheinungen sowie teilweise dünnen, tonig-mergeligen Zwischenlagen zwischen den Bänken. Auffallend ist der Reichtum an Crinoiden. Eingeschaltet sind häufig Debris Flows, die meist

nur wenige dm, in einem Fall rund 2.5 m mächtig sind und reichlich aufgearbeitete Dachsteinkalkkomponenten enthalten.

Der obere Profilabschnitt ist in Form von dünn gebankten (bis etwa 20 cm), roten, meist knolligen Kalken mit Kieselsäureknauern und einzelnen dünnen Kieselsäurelagen entwickelt. Einzelne Bänke sind ebenfalls sehr reich an Crinoiden. Mächtigere Debrite fehlen. Der oberste Abschnitt ist im Zuge des synsedimentären Eingleitens eines riesigen Dachsteinkalkblockes stark deformiert (siehe Abb. 2).

Aus dem aufgesammelten Probenmaterial konnten folgende Mikrofaziestypen herausgearbeitet werden:

MF 1: Bioklastischer Wackestone, selten Packstone, ungeschichtet, häufig bioturbat, bestehend aus bräunlichgrauer, mikritischer Grundmasse und darin locker eingestreuten Biogenresten: diverse Schalenreste, Ostracoden, Echinodermenreste, Spicula, Foraminiferen (u.a. *Involutina liassica*), Kleingastropoden, Ammoniten und ?Radiolarien. Vereinzelt sind auch kleine Intraklaste (biogenführende Mudstones) enthalten (Taf. 4, Fig. 1, 2 und 4).

MF 2: Echinodermen-Packstone, z.T. Wackestone, ungeschichtet bis undeutlich geschichtet und schlecht sortiert, aus rötlichbrauner, mikritischer bis siltitischer Grundmasse und meist dicht gepackten Bioklasten zusammengesetzt. Bei den Biogenresten überwiegen Echinodermenreste bei weitem, untergeordnet finden sich diverse Schalenreste, Ostracoden und Foraminiferen. Spicula fehlen gänzlich oder sind sehr selten.

An Lithoklasten sind rötlich-graue, filamentführende Mudstones (Intraklaste) und einzelne graue Flachwasserkalke enthalten.

Dieser Sedimenttyp tritt auch als Grundmasse in Debriten auf.

MF 3: Echinodermen-Grainstone bis -Packstone, ungeschichtet bis undeutlich geschichtet, schlecht sortiert, teilweise leicht gradiert. Häufigste Komponente sind Echinodermen- (Crinoiden-) Bruchstücke, untergeordnet sind auch

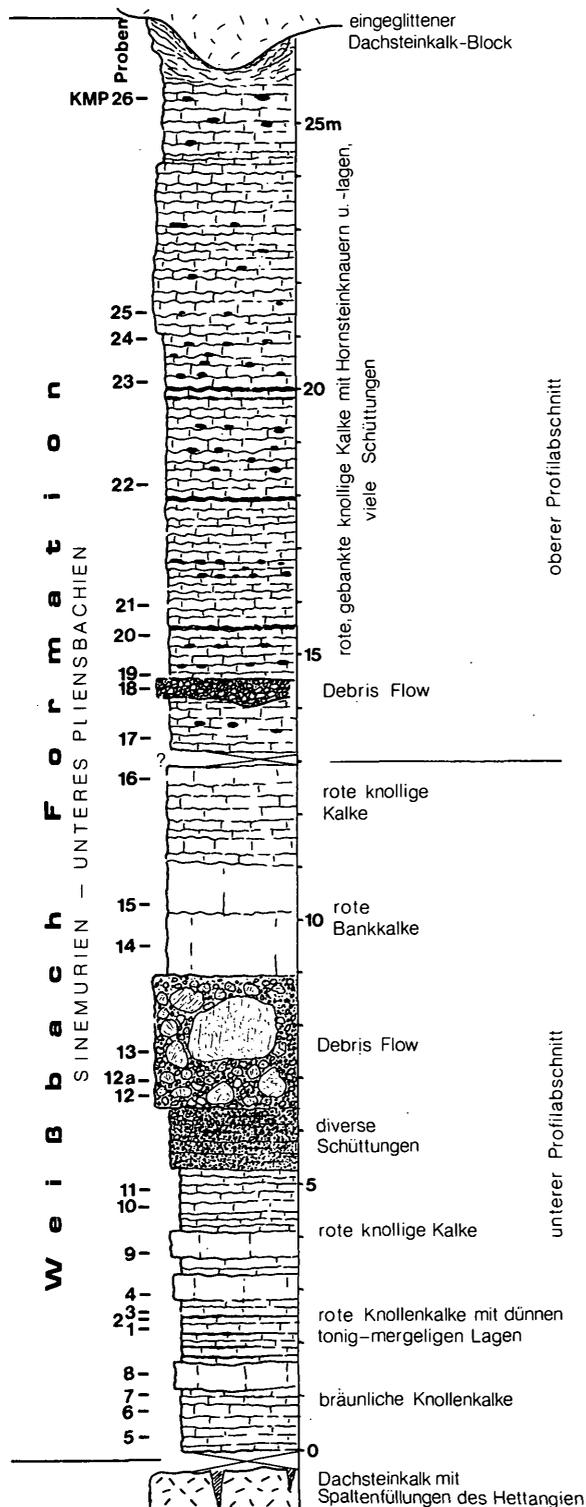


Abb. 2: Profil durch die Weißbach-Formation SE Weißbach bei Lofer. Zur Lage der beiden Profilabschnitte siehe Abb. 1.

Schalenbruchstücke, Foraminiferen und Kleingastropoden enthalten. Auch einzelne, kleine, rötliche bis rötlichgraue mikritische Intraklaste sind vorhanden (Tafel 5, Fig. 1).

Größere Bereiche sind besser ausgewaschen und mit grobspätigem Kalzizement verfestigt, wobei die Echinodermenreste häufig syntaxiale Anwachssäume aufweisen. Feinkörnigere Lagen sind dagegen schlechter ausgewaschen und enthalten neben dem Zement auch graue, mikritische bis pelmikritische Grundmasse, vereinzelt sind Geopetalgefüge erkennbar.

Einzelne Schalen (Ostracoden und Foraminiferen) sind mit rotem Mikrit ausgefüllt, auch die Echinodermenreste sind häufig rötlich imprägniert und teilweise angebohrt.

MF 4: Biogenführender Mudstone, rot, ungeschichtet bis undeutlich geschichtet, bioturbat, mit einzelnen kleinen Bioklasten (Ostracoden, Spicula, Foraminiferen, kleine Gastropoden und Ammoniten). Lagenweise sind Echinodermen und Kleingastropoden angereichert (Taf. 4, Fig. 3).

MF 5: Echinodermen-Schalen-Wackestone, andeutungsweise geschichtet, schlecht sortiert, locker gepackt. In einer rötlich-grauen mikritischen Grundmasse sind verschieden große Bioklaste, vor allem Echinodermenreste (Crinoidenstielglieder), diverse Schalenreste und Ostracoden, daneben Foraminiferen, Ammoniten, Kleingastropoden und selten Schwammreste enthalten. Auch einzelne Lithoklaste eines roten Mudstones bis bioklastischen Wackestones mit Echinodermen und Schalenresten (Intraklaste) kommen vor (Taf. 5, Fig. 2 und 6).

Auch in diesem Typ sind die Echinodermenreste häufig rötlich imprägniert und angebohrt, Schalenreste von Foraminiferen und Ostracoden sind teilweise mit intensiv rot gefärbtem Mikrit gefüllt.

MF 6: Intraklast-Bioklast-Wackestone bis Packstone, ungeschichtet und sehr schlecht sortiert, aus rötlich-brauner, mikritischer bis siltitischer Grundmasse, einzelnen, relativ kleinen Biogen-

resten (Echinodermen- und Schalenreste, Ostracoden, Foraminiferen) und zahlreichen Lithoklasten bestehend. Bei den Lithoklasten finden sich sowohl graue Extraklaste (aufgearbeitete Dachsteinkalkkomponenten) als auch rötliche Intraklaste in Form von bioklastischen Wackestones und biogenführenden Mudstones (Taf. 5, Fig. 7).

MF 7: Schalen-Echinodermen-Packstone, ungeschichtet, aus grauer bis rötlichgrauer mikritischer Grundmasse und dicht gepackten Biogenresten zusammengesetzt. Bei den Biogenen überwiegen Schalenreste, Ostracoden und Echinodermenreste, untergeordnet sind auch Spicula, Foraminiferen, Gastropoden und ?Radiolarien enthalten. Selten sind auch kleine, eckige, graue Lithoklaste enthalten. Das Sediment ist in stylolithisch begrenzte Komponenten aufgelöst; vermutlich handelt es sich dabei um einen Debrit aus einzelnen Schalen-Echinodermen-Packstone-Komponenten (Taf. 5, Fig. 5).

MF 8: Breccien (Debrite): Hier können feinkörnige Breccien (Debrite) mit bis zu mehrere Zentimeter großen Komponenten und grobkörnige Breccien (Debrite) mit bis zu metergroßen Komponenten unterschieden werden. Bei den großen Komponenten handelt es sich durchwegs um Dachsteinkalkblöcke (siehe Taf. 6, Fig. 1–4).

Die feinkörnigen Breccien (Debrite) bestehen aus bis zu mehrere Zentimeter großen, sehr schlecht sortierten eckigen Komponenten. Einzelne Breccienlagen sind ungeschichtet, teilweise gradiert, bestehen entweder fast nur aus aufgearbeiteten Rotkalken (Intraklaste in Form bioklastischer Wackestones — MF 1, Echinodermen-Packstones/Wackestones — MF 2 und Echinodermen-Grainstones — MF 3, sowie seltener biogenführende Mudstones — MF 4) mit nur wenigen grauen, eckigen Extraklasten (aufgearbeitete Dachsteinkalkgerölle), oder sie bestehen überwiegend aus Extraklasten mit nur wenigen roten Intraklasten. Die Grundmasse zwischen den Komponenten besteht häufig aus

z. T. dicht gepackt, und einigen anderen Bioklasten, sowie rötlichem Mikrit bis Siltit.

Vor allem bei Intraklast-Breccien sind die einzelnen Komponenten oft kaum gegeneinander abgrenzbar, die Korngrenzen der Komponenten sind häufig stylolithisch überprägt.

Im höheren Profilabschnitt treten in Echinodermen-Packstones/Wackestones und auch in bioklastischen Wackestones immer wieder Verkieselungen (Kieselknauern) auf, mitunter auch dünne kieselige Lagen, wobei die Kieselsäure aus den Schwammspicula zu beziehen ist.

Die bioklastischen Wackestones (MF 1) und biogenführenden Mudstones (MF 4) interpretieren wir als Ablagerungen des tieferen Slope mit einem nur geringen Anteil an allochthonem Material. Diese Sedimente dokumentieren somit die „Normalsedimentation“. Bei allen anderen Sedimenttypen handelt es sich dagegen um verschiedene Arten von submarinen Schüttungen (turbiditische Schüttungen — dazu zählen die Echinodermen-Grainstones und Packstones, und verschiedene Typen von Debris Flows), wobei diese Schüttungen am Profilaufbau mit gut 70–80% beteiligt sind und die Normalsedimentation stark unterdrücken.

Daß es sich bei den anderen Mikrofaziestypen (MF 2, 3, 5, 6) um Schüttungen handelt, wird auch durch die neben den Lithoklasten zahlreich vertretenen, durch Fe-Hydroxide imprägnierten und teilweise angebohrten Echinodermenreste, sowie durch die mit rotem Mikrit gefüllten Foraminiferen- und Ostracodenschalen unterstrichen. Diese Echinodermenreste müssen längere Zeit in einem flacheren Meeresbereich frei an der Oberfläche gelegen sein, sind dort imprägniert und angebohrt und später umgelagert worden. Die rote Mikritfüllung in den Schalen einzelner Ostracoden und Foraminiferen unterscheidet sich deutlich von der mikritischen Grundmasse der Sedimente und weist somit ebenfalls auf Umlagerung dieser Schalen hin.

Ähnliche Sedimenttypen konnten auch im „Hallensteiner Marmor“ beobachtet werden.

Die bioklastischen Wackestones (MF 1) sind sehr ähnlich den von BÖHM (1992) aus dem Lias der nordöstlichen Kalkalpen beschriebenen „Feindetritus-Spicula-Wackestones“ (MF 5), während die Echinodermen-Packstones (MF 2) weitgehend den „Lithoklasten-Crinoiden-Packstones“ (MF 25) von BÖHM (1992) entsprechen, der diesen Sedimenttypus als turbiditische Schüttungen in den Adneter Schichten und Scheibelberg Kalken auffaßt.

BÖHM (1992) betrachtet seinen MF-Typ 5 (Feindetritus-Spicula-Wackestone) als Hauptbestandteil der „Übergangsfazies“ zwischen den grauen Hornsteinkalken (Scheibelberg-Formation) und den Adneter Knollenkalken (Adneter Formation). Eine ähnliche Übergangsfazies beschreibt auch HORNSTEINER (1991) aus dem Lias im Bereich der Waidringer Steinplatte, wobei er in dieser Übergangsfazies auch dieselben charakteristischen Ophiurenstacheln (Parasolstacheln) nachweisen konnte.

Das von uns untersuchte Profil stellt ebenfalls eine Übergangsfazies zwischen Scheibelberg-Formation und Adneter Formation dar, repräsentiert durch die bioklastischen Wackestones (MF 1), untergeordnet durch biogenführende Mudstones (MF 4). Diese Übergangsfazies ist hier allerdings zusätzlich durch einen hohen Anteil an submarinen Schüttungen charakterisiert.

Da aber dieser Faziestyp weder der Scheibelberg-Formation noch der Adneter Formation zuzuordnen ist, sondern vielmehr zwischen diesen beiden vermittelt, ist es nach unserer Auffassung auch gerechtfertigt, für diesen Faziestyp einen eigenen Begriff einzuführen. Wir bezeichnen daher diese Fazies entsprechend der Lage des untersuchten Profils im Bereich von Weißbach bei Lofer als „Weißbach-Formation“.

Zuletzt soll noch kurz die stratigraphische Stellung der Weißbach Formation diskutiert werden:

Im untersuchten Gebiet treten im oberen Dachsteinkalk an verschiedenen Stellen Spaltenfüllungen in Form roter und grauer, Brachiopoden führender Mikrite oder Crinoidenkalken vom Typus Hierlatzkalk auf, die im wesentlichen dem Hettangien zuzuordnen sind und die

zu dieser Zeit einsetzende Dehnungs- und Bruchtektonik dokumentieren. Aufgrund des Auftretens der Foraminifere *Involuntina liassica* innerhalb der gesamten Abfolge der Weißbach Formation kann diese nicht höher als in das Obere Pliensbachien hinaufreichen. Die Weißbach-Formation wird von riesigen, synsedimentär eingeglihtenen Dachsteinkalkblöcken überlagert, die wiederum von geringmächtigen, grauen und roten pelagischen Kalken plombiert werden. Am Top der eingeglihtenen Dachsteinkalkblöcke sind in einem an einer Stelle aufgeschlossenen Hartgrund-Horizont Ammoniten des Unteren Toarcien enthalten, sodaß für die Weißbach-Formation letztlich der Zeitraum vom Unteren Sinemurien bis etwa zum Ende des Unteren Pliensbachien in Frage kommt.

4. Mikrofauna des unlöslichen Rückstandes

4.1 Übersicht

Die Lösproben aus den zuvor dargestellten Sedimenten bestehen fast ausschließlich aus Echinodermatenskelettelementen. In den Grobfractionen herrschen Crinoiden bei weitem vor (über 80%). In den Feinfraktionen sind zwar ebenso die Crinoiden vorherrschend, aber dicht gefolgt von Skelettelementen der Ophiuren. Eine grobe prozentuelle Erfassung aller Proben ergab, bezogen auf den Gesamtfaueneninhalt, folgendes:

Crinoiden mit ca. 40%

Ophiuren mit ca. 30%

Echiniden mit ca. 20%

Holothurien mit ca. 5%

Asteriden mit ca. 0.5%

Foraminiferen, Schwammspicula, Mikroproblematika, Fischzähne und Fischschuppen mit ca. 4.5%.

Demnach beträgt der durchschnittliche Anteil der Echinodermaten in den Lösproben 95.5%.

Von den **Crinoiden** sind in den Grobfraktionen vor allem die Stielglieder überliefert. In den Feinfraktionen sind es fast ausschließlich Brachialia und mit einem relativ hohen Prozentsatz Cirrhalia.

Bei den **Ophiuren** sind alle Skelettelemente nachweisbar: 1. Armskelett mit Ventral-, Dorsal- und Lateralschildern, sowie die Armwirbel. 2. Skelettanhänge der Arme: diverse Stacheln und Haken (es fehlen nur die Tentakelschuppen, die aber nicht alle Ophiuren ausbilden).

Skelettelemente der Scheibe: Radialschilder, Mundeckstücke, Bursalspangen und die Skelettanhänge der Scheibe (Stacheln).

Sehr häufig sind die Skelette embryonaler Ophiuren, nämlich die sogenannten Ophioplu- teen.

Die **Echiniden** sind ebenfalls mit allen Skelett-Teilen überliefert: Ambulacralia, Interambulacralia; Stacheln, Pedicellaria-Stiele, Pedicellarien-Klappen und Rosettenplatten der Saugscheibe, von den Ambulacralfüßchen stammend, weiters alle Elemente des Kauapparates (Laterne des Aristoteles).

Die **Holothurien** sind durch Einzelskelette des Schlundringes und durch eine reiche Skleritenvergesellschaftung vertreten.

Bei den **Asteriden** sind es seltener Ambulacralia, häufiger Paxillen.

Da unser Hauptaugenmerk den Ophiuren gilt, wollen wir die Verteilung der verschiedenen Skelettelemente näher betrachten:

Es herrschen bei weitem die Skelettanhänge vor: ca. 50% sind Skelettanhänge; 20% Lateralia, 15% Armwirbel, 12% Ventralschilder, 3% Skelettelemente des Kauapparates.

Obwohl die Skelettelemente der Crinoiden zum Großteil aus hoher Position des Slopebereiches geschüttet wurden und in vielen Fällen zweifelsohne eine Frachtsonderung vorliegt, weist das Verhältnis zwischen Lateralschildern und Armwirbeln bzw. Ventralschildern auf eine natürliche Verteilung der zerfallenden Ophiurentiere hin. Auch das Verhältnis der Skelettanhänge zu jenem der Lateralia weist in dieselbe Richtung. Daraus läßt sich ableiten, daß die Ophiuren am ehesten im Kalkschlamm gelebt haben und nicht

mit den Crinoidenbiozönosen in Verbindung gebracht werden können.

Die großen Skelett-Teile wie Radialia, Lateralia und Armwirbel sind in den meisten Fällen stark von der Essigsäure korrodiert, während kleine Skelettelemente, vor allem Anhänge, sehr gut aus den Gesteinen herausgelöst werden konnten. Dies ist auch der Grund, warum wir hier den Skelettanhängen den Vorzug geben. Aber auch große Stacheln und Haken sind stark korrodiert, wodurch nicht die gesamte Palette der Anhänge dargestellt werden kann und somit hier nicht die tatsächliche Vielfalt zur Geltung kommt.

4.2 Ophiuren-Skelettanhänge

Zunächst sollen die Haken beschrieben werden. Sie sind auf den Armbereich beschränkt und über ein Ligament mit den Tuberkeln der Lateralschilder verbunden. Ihre Funktion ist ausschließlich auf das Festhaken beschränkt; sie sind so verankert, daß sie sich nur in eine Richtung (nach vorne oder rückwärts) bewegen können.

Die z.T. sehr unterschiedlich gestalteten Haken haben sich aus den Stacheln der Lateralia gebildet, wie man dies nicht nur rezent, sondern auch fossil überliefert aus Übergängen von Stacheln zu Haken deutlich erkennen kann. MOSTLER (1971) hat solche Hakenstacheln an triassischen Ophiuren nachweisen können; aus dem Lias wurden derartige Übergangsformen bisher nicht bekannt.

Bisher lassen sich die Haken, die zum Großteil jenen heute lebender Ophiuren stark ähneln, in mehrere Formgruppen aufgliedern. Hierbei spielt vor allem der Basisabschnitt der Haken eine Rolle. Eine Großgruppe weist einen Basissockel auf, der analog aufgebaut ist wie jener der Stacheln, die andere ist mit einem Basaltrichter ausgestattet.

In der liassischen Fauna konnten nur Haken mit Basissockel nachgewiesen werden. Sie sind auf Taf. 2, Fig. 6–12 abgebildet. In bezug auf den Basissockel lassen sich 2 Formgruppen aus-

einanderhalten, nämlich solche mit einem deutlich abgesetzten Basissockel (vgl. Taf. 2, Fig. 5, 9–12) und solche mit einem Sockel, der allmählich in den Hakenschaft überleitet (Taf. 2, Fig. 6–8).

Alle zeichnet ein markanter, dominierender Hakenstachel aus. Die Zahl der Zinken schwankt zwischen 1 und 4. Vergleicht man hierzu die Zinkenzahl bei rezenten Haken, so kann diese innerhalb einer Art zwischen 1 und 2 Zinken, maximal zwischen 1 und 3 Zinken schwanken. Entscheidend ist jedoch die Gesamtgestalt der Haken, die bei einer Art sehr konstant bleibt, wenn man Übergänge zu Hakenstacheln nicht mitberücksichtigt.

Demnach müßten alle hier abgebildeten Haken verschiedenen Arten angehören, die stellvertretend für viele Haken für die Tafeldarstellung ausgewählt wurden.

Die Stacheln aus dem Lias stehen jenen der Obertrias an Vielfalt nicht nach. Vor allem wenn man weiß, daß nur ein Teil, nämlich jene, die gut erhalten sind, hier vorgestellt wird.

Die schlecht erhaltenen Stacheln, die ebenso wie die Lateralschilder stark korrodiert sind, lassen sich, wenn man die Stachelgröße berücksichtigt, zum größeren Teil als solche der Scheibe und nur in wenigen Fällen auf die Lateralia beziehen. Es sei an dieser Stelle gleich vermerkt, daß die Größe nicht in jedem Fall entscheidend ist, zumal auch kleine Stacheln die Scheibe bestücken können. Hierbei spielt die Gesamtgestalt wiederum eine Rolle, wie z.B. bei den kleinen gedrungenen, nahezu halbkugelig gestalteten „Stacheln“ auf der Dorsalseite der rezenten Art *Ophiomitrella subjecta*.

So waren die auf Taf. 2, Fig. 16, 17 und 19 dargestellten kleinen, massiven Stacheln auf der Scheibenoberfläche positioniert und dürften alle einer Art angehören. Sie können aber durchaus größer werden als z.B. der Stachel auf Taf. 3, Fig. 17. Diese Größenunterschiede liegen durchaus in der Variationsbreite der Stacheln einer Art.

Bisher weder aus paläozoischen noch aus triassischen Schichtfolgen, aber auch nicht aus

jüngeren Schichten bzw. von lebenden Ophiuren bekannt, ist ein zurückgebildeter Lochstachel. Lochstacheln sind in der Obertrias häufig und lassen sich grobstratigraphisch verwerten (siehe Taf. 2, Fig. 13). Es wäre durchaus denkbar, daß sich dieser Stacheltypus auch aus einem „Haubenstachel“, ebenfalls häufig in der Obertrias, gebildet hat.

Am häufigsten sind Dornen-Stacheln, die sich nach der Ausbildung des Basalsockels sowie der Art und Ausrichtung der Dornen untergliedern lassen. Generell weist dieser Typus einen 3-kieligen Stachelschaft auf (Taf. 3, Fig. 9, 15 und 19), aber es sind auch mehrkielige Formen bekannt (Taf. 3, Fig. 7 und 8).

Recht häufig sind „Primitiv“-Stacheln, denen praktisch ein Basalsockel fehlt (Taf. 3, Fig. 5 und 21).

Übergangsformen von Dornenstacheln zu Primitivstacheln treten in reicher Formenfülle auf (Taf. 3, Fig. 1 bis 4, 6 und 14), sowie der aus dem Ordovizium von Schweden stammende Stachel (Taf. 3, Fig. 16). Asymmetrische Dornenstacheln sind eher selten (Taf. 3, Fig. 18). Ebenso sind Federstacheln relativ selten (Taf. 3, Fig. 10). Fahnenstacheln fehlen völlig, jedoch sind Trompetenstacheln, Gitterstacheln und Kronenstacheln häufiger, die jedoch, weil schlecht erhalten, nicht abgebildet werden.

Selten sind „Kegel“-Stacheln, die erst im oberen Teil des Stachelschaftes eine oberflächliche Skulpturierung aufweisen (unregelmäßig verteilte massive Dornen; vgl. hierzu Taf. 3, Fig. 20).

Ausgefallene Stacheltypen sind „Sichel“-Stacheln, die über dem Sockel einen halbkreisförmigen Stachelschaft bilden; hierzu gehören die Formen von Fig. 14 und 18 auf Taf. 2 sowie Fig. 11 auf Taf. 3.

Ebenfalls selten sind Stacheln, die vom „Trompeten“-Typus zum Primitivstachel überleiten (Taf. 2, Fig. 15) und stark asymmetrische Anhänge zeigen, die keinerlei Spuren von kleinen Stacheln oder Dornen aufweisen, sondern über mehr als die Hälfte des Stachelschaftes mit spitzwinklig zur Stachelachse entwickelten Kielen ausgestattet sind (Taf. 3, Fig. 12); für sie

wurde der Terminus „Rippen“-Stachel hier eingeführt.

Zum Abschluß sei noch ein langer Porenstachel erwähnt, der nur einmal nachgewiesen werden konnte (Taf. 3, Fig. 13).

Die auffallendsten Stacheln, die von den Armen stammen, sind die „Parasol“-Stacheln mit oben abgeplatteten Schirmen und darauf aufsitzenden Dornen. Sie werden im folgenden systematisch beschrieben.

4.3 Systematische Beschreibung

Die Parasolstacheln, die kleinen Schirmchen entsprechen und unten spitz zulaufen, sind im Lias ebenso ausgebildet wie in der Trias und völlig analog gebaut wie bei rezenten Ophiuren. Hier sollen jedoch jene so auffallend entwickelten Parasolstacheln, die meist einen deutlich sich vom Stab abhebenden Basissockel aufweisen, im Detail beschrieben werden.

Klasse Ophiuroidea GRAY 1840

Ordnung: Ophiurida MÜLLER &

TROSCHER, 1840, emend. SPENCER, 1951

Unterordnung: Myophiurina SPENCER, 1951

Oberfamilie: Ophiuricae MÜLLER &
TROSCHER, 1840

Genus: *Ophioliassica* n.gen.

Derivatio nominis: nach dem ausschließlichen Auftreten im Lias.

Generotypus: *Ophioliassica ingridae* n. gen. n. sp.

Diagnose: Kleine, zart gebaute Parasolstacheln mit Basissockel und einem schlanken, in der Länge stark variierenden Stab. Der Kopf (Schirm) ist oben abgeplattet und mit einer Dornenkrone ausgestattet. Die dazugehörigen Lateralschilde sind unbekannt.

Bemerkungen: Dieser neuen Gattung werden zwei Arten zugeordnet: *O. ingridae* n.sp.

O. baloghi n.sp.

Ophioliassica ingridae n. gen. n. sp.

(Taf. 1, Fig. 1–20; Taf. 2, Fig. 3, Fig. 4?)

Derivatio nominis: Zu Ehren von Frau Ingrid Krainer, die diese Formen im Zuge mühsamer Auslesearbeit entdeckt hat.

Holotypus: Das auf Taf. 1, Fig. 11–14 (in verschiedenen Ansichten), abgebildete Exemplar.

Locus typicus: Weißbach bei Lofer (Salzburg)
Stratum typicum: Weißbach Formation (nomen novum, siehe KRAINER et al., in Vorb.), Sine-murien und Pliensbachien.

Diagnose: Parasolstacheln mit scharf vom Stab abgesetztem Basissockel, der im oberen Teil tief eingesenkte Gruben aufweist. Sehr schlanker, runder, in der Länge schwankender Stab, dem ein schirmförmiger Kopf, der oben abgeplattet ist, aufsitzt. Auf der Kopfplatte sind Dornen entwickelt, die eine Krone bilden.

Beschreibung: Der Basissockel ist immer deutlich durch einen Knick vom Stachelstab abgrenzbar und variiert hinsichtlich seiner Höhe stark. Die Oberseite des Basissockels ist in den meisten Fällen (erhaltungsbedingt) durch Gruben, die rundovale Poren vortäuschen, gekennzeichnet. Bei gut erhaltenen Exemplaren wie z.B. beim Holotypus (Taf. 1, Fig. 14) werden die Gruben von Stegen getrennt. Im Bereich der Basalöffnung (Eintrittsstelle des Nervenstranges) ist der Sockel am breitesten, verschmälert sich distalwärts wenig, verjüngt sich jedoch plötzlich im Übergangsabschnitt Stab/Sockel.

Der Stab ist schmal und in Form einer dünnen Röhre entwickelt, meist gerade gestreckt (selten schwach gebogen) und variiert stark in seiner Länge. Die Länge ist abhängig von der Höhe des Basissockels. Die Außenskulptur ist glatt. Die Breite des Stabes bleibt über die gesamte Länge nahezu gleich.

Der Kopf setzt sich aus 7–9 Blättern zusammen, die meist spitzwinkelig zur Stabachse verlaufen, z.T. aber auch einen subparallelen Verlauf aufweisen. Die Blätter sind meist mäßig in Richtung des Stabes gebogen. Sie sind über ihre

gesamte Länge gleich breit und enden sehr abrupt in kurzen Spitzen.

Die Krone, die auf dem abgeplatteten Kopf aufsetzt, wird von Dornen aufgebaut, die mehr oder minder stark nach außen divergieren. Die Zahl der Dornen schwankt zwischen 13 und 21.

Wie aus den Abbildungen des Holotypus hervorgeht, sind zwischen den Dornen tiefe, grubenartige Einsenkungen ausgebildet, die analog wie beim Basissockel Poren vortäuschen.

Stratigraphische Bedeutung: Bisher nur aus dem Sinemurien und Pliensbachien bekannt.

Bemerkungen: Obwohl sich von der Höhe des Basalsockels, dessen Form, der unterschiedlichen Länge des Stabes, wie auch vom Winkel der Blätter zum Stab als auch von der Kronenbildung eine morphologische Untergliederung anbietet, wird von einer Aufsplitterung in mehrere Arten (vgl. alle Abb. der Taf. 1) aus folgenden Gründen abgesehen.

1. Alle Typen treten in allen Proben miteinander vergesellschaftet auf.
2. Die Stacheln rezenter Arten variieren in etwa denselben Bandbreiten wie wir das im liassischen Material feststellen konnten.

Parasolstacheln mit einer planaren Kopfoberseite und einer darauf aufbauenden Dornenkrone wurden auch in zeitgleichen Schichten („Hallensteiner Marmor“) in Maurach bei Lofer nachgewiesen. Denselben Stacheltypus hat HORNSTEINER (1991) aus dem Übergangsbereich der Scheibelbergkalke in Adneter Kalke zeichnerisch dargestellt. Er verweist darauf, daß er diesen Typus nur aus dem Sinemurien und Pliensbachien kennt.

MOSTLER (1971: Taf. 1, Fig. 11) hat aus dem Oberrhen Parasolstacheln beschrieben, deren Kopf abgeplattet ist, aber keine Krone aufweist. Demnach dürfte dem aus dem Lias hier vorgestellten Parasolstachel auch stratigraphische Bedeutung zukommen. Die Vorläuferformen hierzu finden sich in der höheren Obertrias.

Ophioliassica baloghi n.gen. n.sp.

(Taf. 2, Fig. 1 und 2)

Derivatio nominis: Zu Ehren von Herrn Dr. Zoltan Balogh (Universität Innsbruck), dem hier für die vielen ausgezeichneten REM-Aufnahmen gedankt sei.

Holotypus: Taf. 2, Fig. 1 und 2.

Locus typicus: Weißbach bei Lofer (Salzburg)
Stratum typicum: Weißbach Formation (nomen novum; KRÄINER et al., in Vorb.), Sinemurien und Pliensbachien.

Diagnose: Die Stacheln weisen keinen klar abtrennbaren Basissockel auf, sondern die trichterartige basale Aufblähung führt allmählich in den Stab. Der Kopf weist nur kurze, rudimentär entwickelte Blätter auf und wird z.T. von der breit ausladenden Krone verdrängt.

Beschreibung: Der Basalsockel ist in Form eines sehr hohen Trichters entwickelt, der allmählich in den Stab überleitet. Der Stab ist im Vergleich zu *O. ingradae* massiver entwickelt und wirkt relativ lang, weil die nur rudimentär ausgebildeten Blätter sehr kurz sind. Das auffallendste Merkmal zeigt die Ausbildung der Kopf-Kronenbasis, wodurch sich die neue Art sehr stark von *O. ingradae* unterscheidet. Der Kopf wird randlich völlig von der breit angelegten vieldornigen Krone überwuchert.

Danksagung

Herrn Dr. D.A. Donofrio, Institut für Geologie und Paläontologie der Universität Innsbruck, danken wir für die kritische Durchsicht des Manuskripts.

Literatur

- BÖHM, F. (1992): Mikrofazies und Ablagerungsmilieu des Lias und Dogger der Nordöstlichen Kalkalpen. - Erlanger geol. Abh. **121**, 57–217, Erlangen.
- HESS, H. (1975): Die fossilen Echinodermen des Schweizer Juras. - Veröff. naturhist. Mus. Basel, **8**, 1–130, 48 Tafeln, Basel.
- HORNSTEINER, G. (1991): Die jurassische Entwicklung auf der Waidringer Steinplatte unter besonderer Berücksichtigung der Scheibelberg Schichten an der Typlokalität. - Unveröff. Diplomarbeit naturwiss. Fak. Univ. Innsbruck, 219 Seiten.
- MOSTLER, H. (1971): Ophiurenskelettelemente (äußere Skelettanhänge) aus der alpinen Trias. - Geol. Paläont. Mitt. Innsbruck, **1/9**, 1–35, Innsbruck.

- MOSTLER, H., KRÄINER, K. & STINGL, V. (1989): Überlegungen zur jurassischen Beckenentwicklung in den Nördlichen Kalkalpen. - Geol. Paläont. Mitt. Innsbruck, **16**, 81–83 (Sediment '89, Abstract), Innsbruck.
- TOLLMANN, A. (1976): Der Bau der Nördlichen Kalkalpen. Orogene Stellung und regionale Tektonik. - Franz Deuticke, Wien, 449 Seiten + Tafelband.

Anschrift der Verfasser:

Univ.-Prof. Dr. Helfried Mostler, Univ.-Doz. Dr. Karl Krainer, Institut für Geologie und Paläontologie der Universität Innsbruck, Innrain 52, A-6020 Innsbruck, Austria

eingereicht: 8. Februar 1993 angenommen: 15. April 1993

Tafelerläuterungen

Tafel 1

(Alle Abbildungen sind Parasolstacheln von *Ophioliassica ingridae* n. gen. n. sp.)

- Fig. 1, 3, 6, 7, 15, 18: Stachel mit sehr hohem Basissockel und subparallel zum Stab angeordneten Blättern (Vergrößerungen: Fig. 1, 7 = 200 x, Fig. 3, 15 = 190 x, Fig. 6 = 180 x, Fig. 18 = 220 x).
- Fig. 2, 11–14, 19: Stachel mit niederem Basissockel, spitzwinkelig zum Stab angeordneten Blättern; die Blätter selbst sind schwach s-förmig gebogen und die Krone besteht aus durch deutliche Gruben getrennte Dornen, die wenig nach außen divergieren (31–14 stellen den Holotypus von verschiedenen Seiten aufgenommen dar) (Vergrößerungen: Fig. 2 = 200 x, Fig. 11 = 220 x, Fig. 12 = 240 x, Fig. 13 = 300 x, Fig. 14 = 270 x).
- Fig. 4, 5, 8, 9, 16, 17 und 20: Stachel mit breit angelegter Kopffläche, auf der sehr viele stark divergierende Dornen aufwachsen (Kronenbildung ist deutlich ausgeprägt) (Vergrößerungen: Fig. 4, 16 = 230 x, Fig. 5 = 200 x, Fig. 8, 20 = 240 x, Fig. 9 = 220 x, Fig. 17 = 280 x).

Tafel 2

- Fig. 1 und 2: Holotypus von *Ophioliassica baloghi* n.gen. n.sp. (Vergr. 220 x und 200 x)
- Fig. 3: *Ophioliassica ingridae* n. gen. n. sp. mit hohem Basalsockel (Vergr. 160x).
- Fig. 4: *Ophioliassica* cf. *ingridae* mit aufgewachsenem Kopfbereich (Vergr. 200x).
- Fig. 5, 9–12: Haken mit massivem, deutlich abgesetztem Sockel (Vergrößerungen: Fig. 5 = 180x, Fig. 9, 11 = 160x, Fig. 10 = 145x, Fig. 12 = 150x).
- Fig. 6–8: Haken, deren Sockel allmählich in den Schaft überleitet (Vergrößerungen: Fig. 6 = 150x, Fig. 7 = 120x, Fig. 8 = 170 x).
- Fig. 13: Auffallend breiter Stachel mit einem asymmetrisch gebauten Mittelelement und 2 nach innen gebogenen Aufragungen; alle 3 genannten Bauelemente stellen die Rudimente eines ursprünglichen Loch- oder Haubenstachels dar (Vergr. 100 x).
- Fig. 14 und 18: „Sichel“-Stacheln von der Dorsalseite der Scheibe stammend (Vergr. 170 x).
- Fig. 15: Übergangsform, die vom „Trompeten“-Stachel zum „Primitiv“-Stachel vermittelt (Vergr. 110 x).
- Fig. 16, 17, 19: Kleine massive Stacheln, die sich auf der Scheibe bildeten (Vergrößerung: Fig. 16 = 175 x, Fig. 17, 19 = 200 x).

Tafel 3

- Fig. 1–4, 6 und 14: Stachel, die vom Typus Dornenstachel zu jenem des Primitivstachels vermitteln (Vergrößerung: Fig. 1 = 84x, Fig. 2 = 140x, Fig. 3, 4 = 100x, Fig. 6 = 120 x, Fig. 14 = 110 x).
- Fig. 7 und 8: Dornenstachel mit 4–5 Kielen (Vergr. 140 x und 175 x).
- Fig. 9, 15, 19: Dornenstachel mit 3 Kielen (Vergrößerung: Fig. 9 = 115x, Fig. 15, 19 = 100 x).
- Fig. 10: Federstachel (Vergr. 100 x).
- Fig. 11: Neuer Stacheltypus („Sichel“-Stachel) (Vergr. 115 x).
- Fig. 12: Neuer Stacheltypus („Rippen“-Stachel) (Vergr. 110 x).
- Fig. 13: Neuer Stacheltypus („Poren“-Stachel) (Vergr. 120 x).
- Fig. 16: „Primitiv“-Stachel aus dem Ordovizium von Schweden als Vergleich zu den liassischen Primitivstacheln (Vergr. 120 x).
- Fig. 17: Stark hochgezogener Massivstachel; vgl. auch Tafel 2, Fig. 16, 17 und 19 (Vergr. 170 x).
- Fig. 20: Kegelstachel (Vergr. 160 x).

Tafel 4

- Fig. 1: Bioklastischer Wackestone (MF 1), bestehend aus Echinodermenresten, diversen Schalenresten und einem Kieselschwamm (Bildmitte), eingebettet in einer teilweise bioturbaten mikritischen Grundmasse („Hallensteiner Marmor“). Balkenlänge 2 mm.
- Fig. 2: Bioklastischer Wackestone (MF 1) mit vielen Spicula sowie Ostracodenschalen, Echinodermenresten und Foraminiferen in einer mikritischen Grundmasse. Balkenlänge 2 mm.
- Fig. 3: Biogenführender, bioturbater Mudstone (MF 4) mit einigen Ostracodenschalen, Foraminiferen und Kleingastropoden. Balkenlänge 2 mm.
- Fig. 4: Bioklastischer Wackestone (MF 1) mit diversen Schalenresten, Ostracoden, Kleingastropoden, Echinodermenresten, Foraminiferen (u.a. *Involutina liassica*) und Ammoniten in mikritischer Grundmasse. Balkenlänge 3 mm.

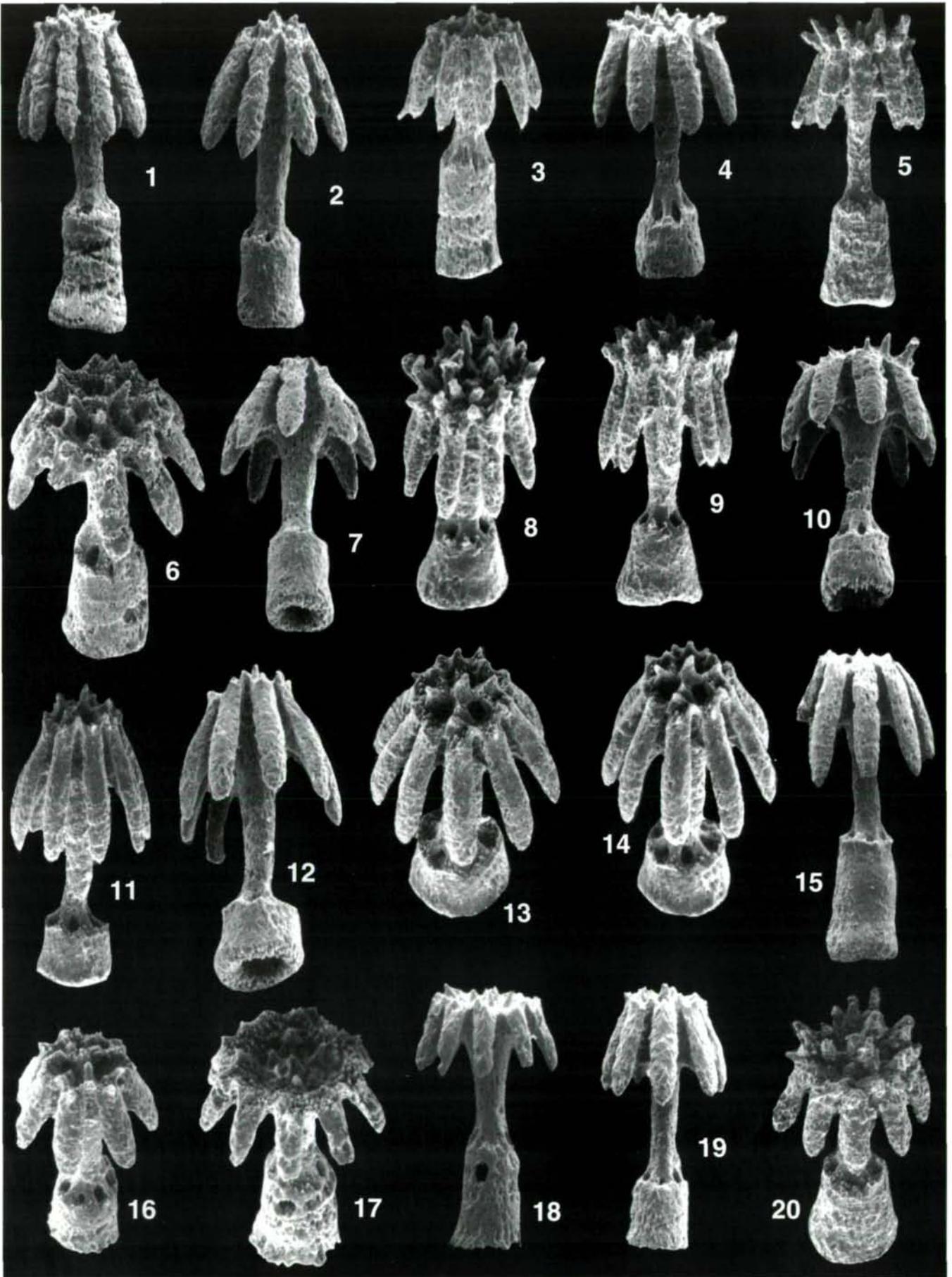
Tafel 5

- Fig. 1: Leicht gradierter Echinodermen-Grainstone (MF 3), hauptsächlich aus Echinodermenresten sowie einigen Schalenresten aufgebaut. Die Grundmasse besteht aus grobspätigem Kalzitcement. Echinodermenreste zeigen häufig syntaxiale Anwachsäume. Balkenlänge 2 mm.
- Fig. 2: Echinodermen-Schalen-Wackestone (MF 5) mit hauptsächlich Echinodermenresten sowie Kleingastropoden und Ammoniten in einer mikritischen Grundmasse. Beachtenswert sind die deutlich ausgebildeten Geopetalgefüge. Balkenlänge 2 mm.
- Fig. 3 und 4: *Involutina liassica* aus bioklastischen Wackestones. Balkenlänge 1 mm.
- Fig. 5: Schalen-Echinodermen-Packstone (MF 7) aus relativ dicht gepackten Biogenresten (v.a. diverse Schalenreste sowie Echinodermenreste und einige Foraminiferen) mit mikritischer Grundmasse. Balkenlänge 2 mm.
- Fig. 6: Echinodermen-Schalen-Wackestone (MF 5) mit zahlreichen Echinodermenresten neben Kleingastropoden, Ammoniten, Ostracoden, Foraminiferen (*Involutina liassica*; rechts oben) und Lithoklasten (links oben). Mikritische Grundmasse. Balkenlänge 3 mm.
- Fig. 7: Intraklast-Bioklast-Packstone (MF 6) aus dicht gepackten Echinodermenresten und Lithoklasten mit mikritischer Grundmasse. Balkenlänge 2 mm.

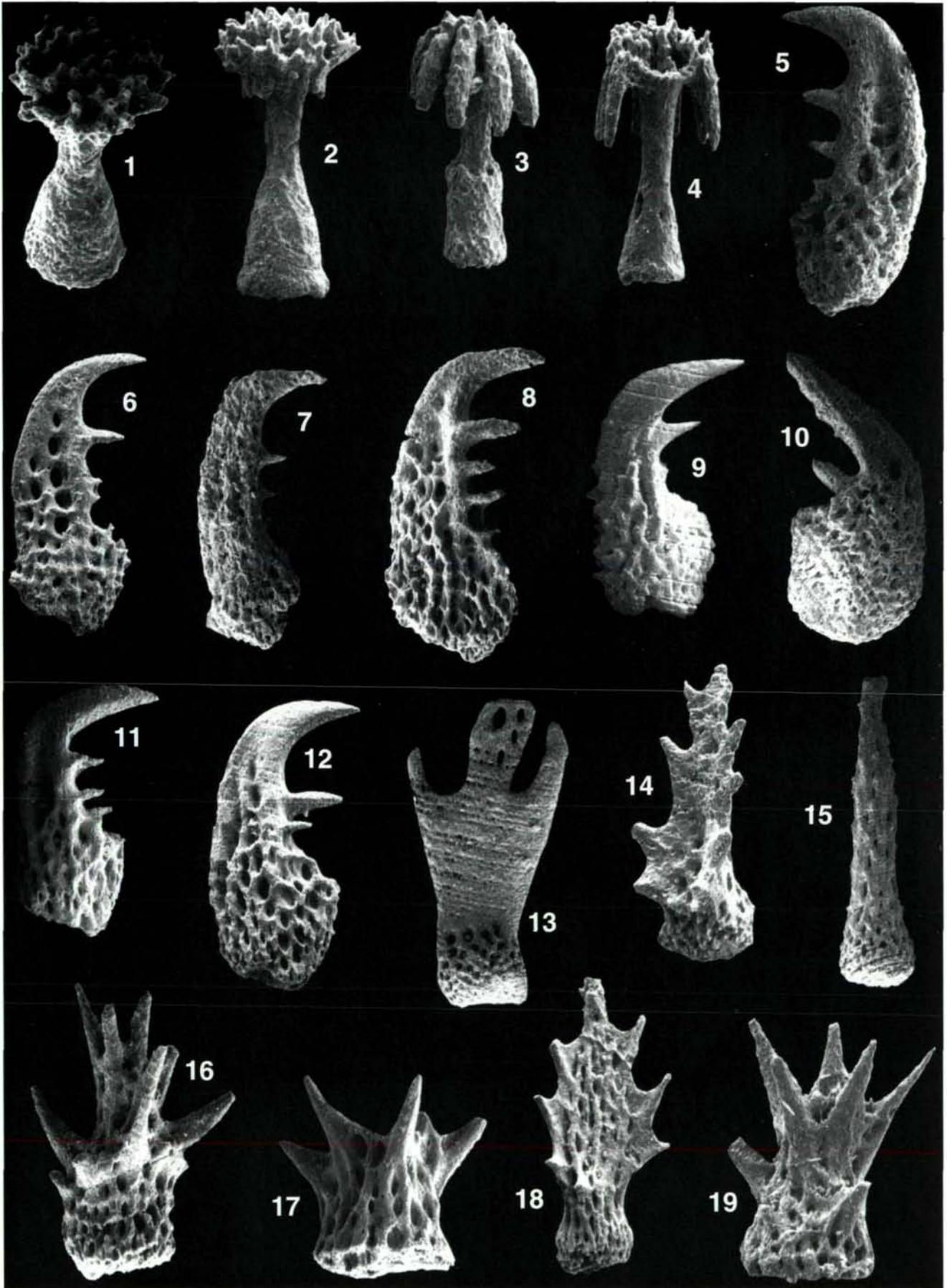
Tafel 6

- Fig. 1: Sehr schlecht sortierter Debrüt (MF 8) mit bis zu mehrere cm großen eckigen Lithoklasten, darunter auch einigen Dachsteinkalk-Komponenten (Pelsparite und Pelmikrite). Die Grundmasse ist mikritisch und enthält zahlreiche kleine Lithokalste und Bioklaste (v.a. Echinodermenreste). Balkenlänge 2 mm.
- Fig. 2: Schlecht sortierter Debrüt (MF 8). Die einzelnen Komponenten (v.a. diverse Intraklaste wie Echinodermen-Grainstones und Echinodermen-Packstones) sind gegeneinander nur sehr schwer abgrenzbar, die Korngrenzen sind mikrotylolithisch überprägt. Balkenlänge 3 mm.
- Fig. 3: Schlecht sortierter, ziemlich dicht gepackter Debrüt (MF 8) aus z.T. großen Echinodermenresten und einzelnen, mikrotylolithisch begrenzten Lithoklasten (v.a. Intraklaste in Form von Echinodermen-Packstones und auch Echinodermen-Grainstones). Balkenlänge 3 mm.
- Fig. 4: Debrüt (MF 8) aus bis zu mehrere cm großen Intraklasten (hpts. bioklastische Wackestones - MF 1- und Echinodermen-Wackestones/Packstones - MF 2). Balkenlänge 2 mm.

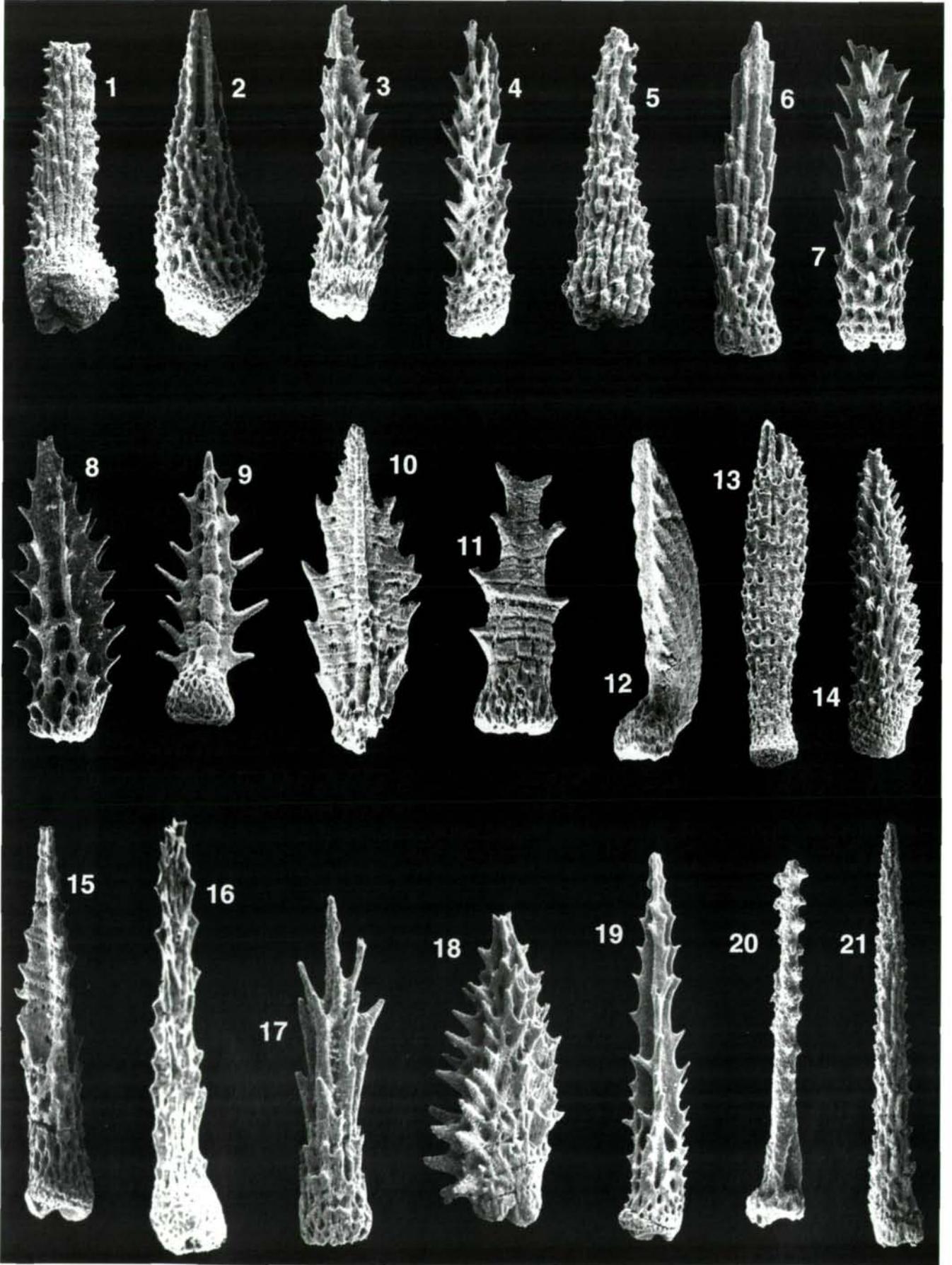
Tafel 1



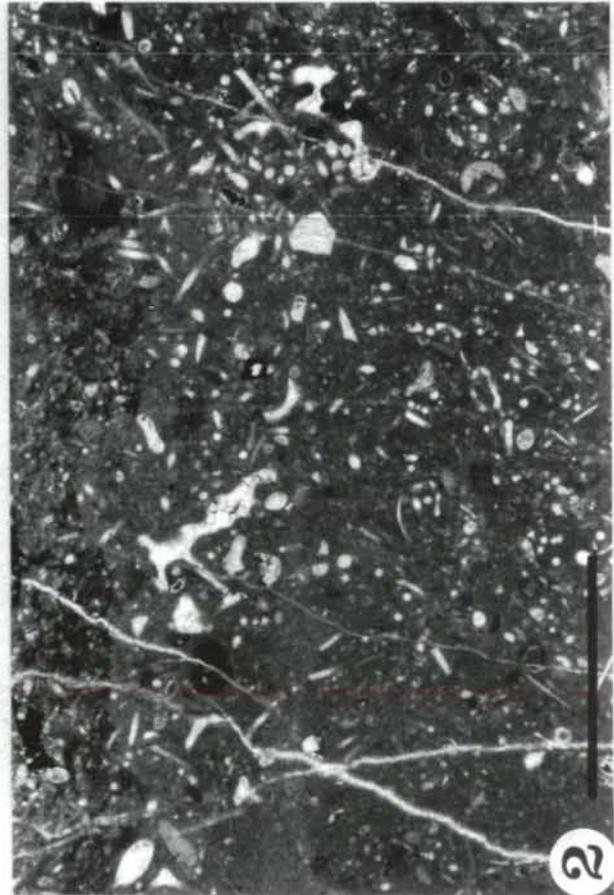
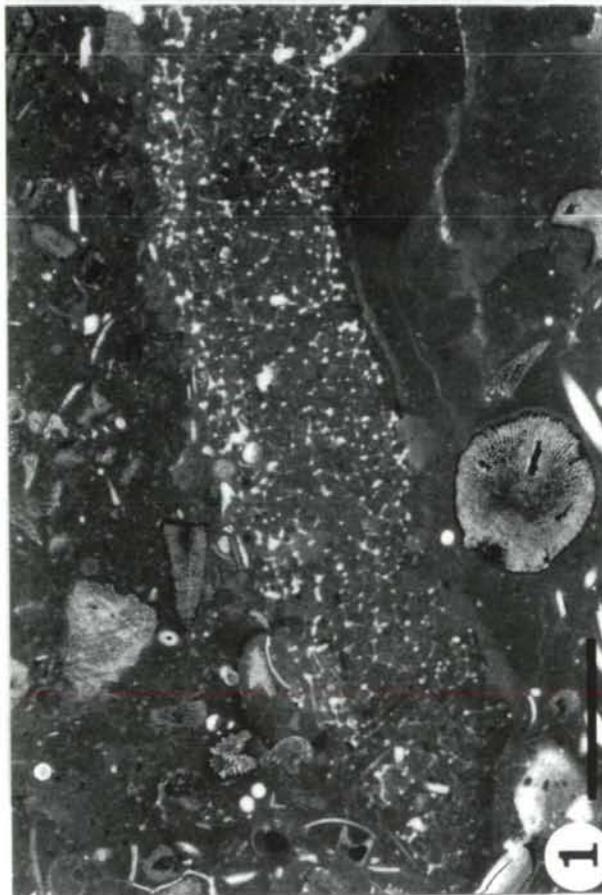
Tafel 2



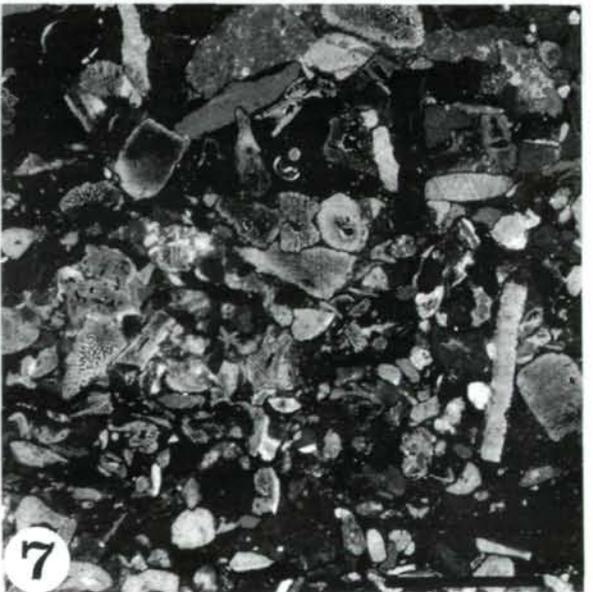
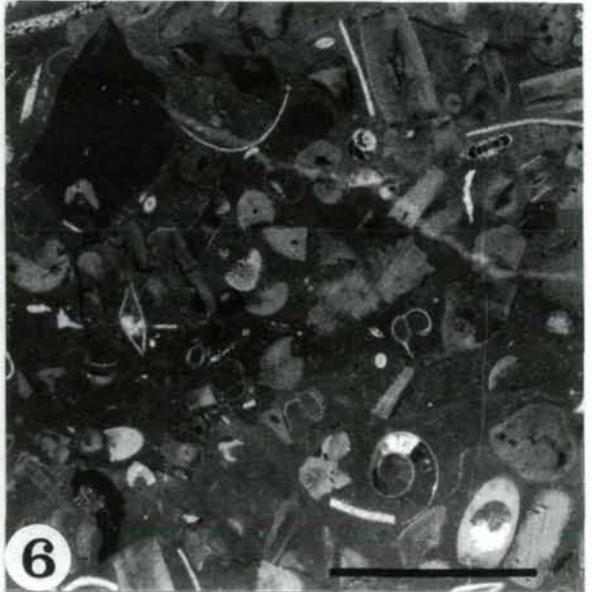
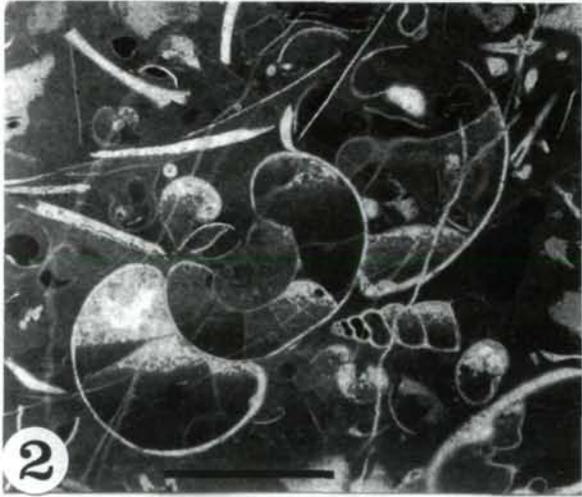
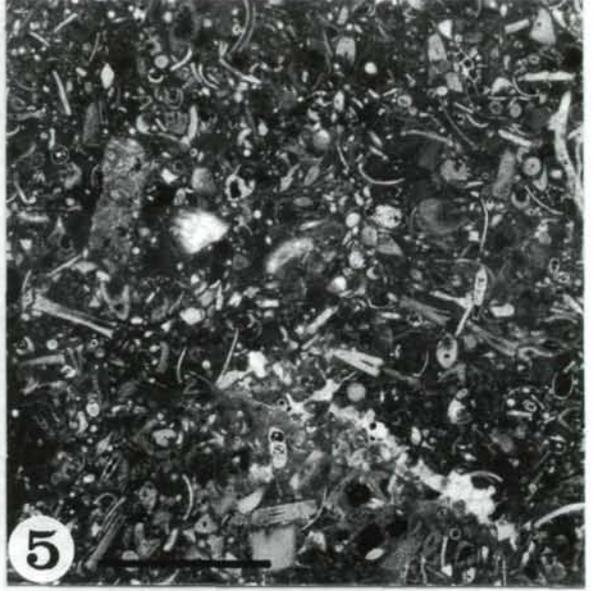
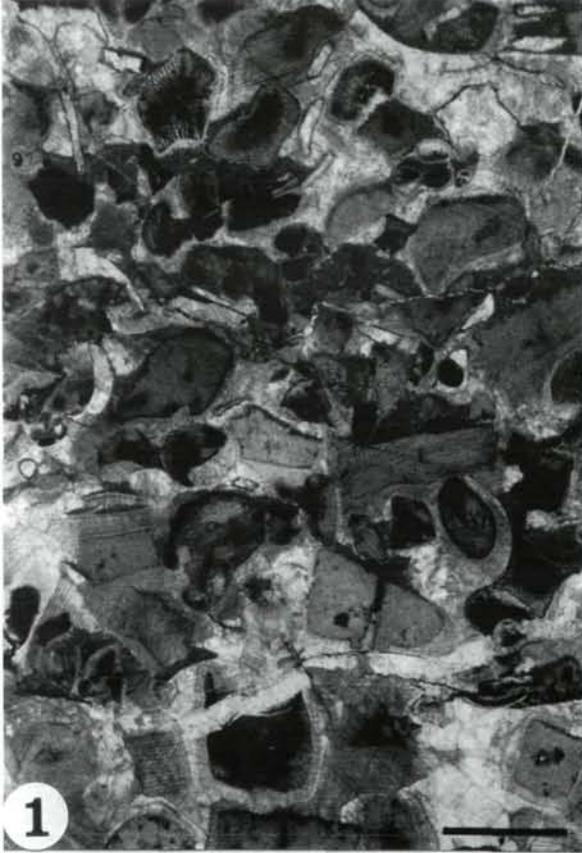
Tafel 3



Tafel 4



Tafel 5



Tafel 6

