

Struktur, Bildung und Diagenese der Basalskelette bei rezenten Pharetroniden  
unter besonderer Berücksichtigung von *Petrobiona massiliana*  
VACELET & LEVI 1958 (Minchinellida, Porifera)

VON JOACHIM REITNER\*

Zusammenfassung

*Petrobiona massiliana* ist ein Vertreter der Calcaronea mit einem rigiden sekundären Hoch-Magnesiumkalzit-Basalskelett ("Pharetronida"). Der kalkige Basalkörper besteht aus irregulären, meist elongaten Pseudo-Sphäroliten. Der Schwamm selbst lebt nur an der Oberfläche des Basalkörpers. Vom Choanosom stülpen sich dünne Kanäle aus, die den gesamten Basalkörper durchziehen. In einer dünnen (ca. 1  $\mu$ m) Grenzlage zwischen dem Pinacoderm und dem Basalkörper (extra-pinacodermale Mucuschicht) bilden sich prismatische Primärelemente (Kristall-Fladen). Die kalzitischen Spiculae des Schwammes werden hier in den Basalkörper integriert. Dies geschieht über Mg-kalzitische Zemente (Synvivo-Diagenese sensu REITNER 1987), die sich in vergrößerten Hohlräumen im Bereich der extra-pinacodermalen Mucusschicht bilden. Das vergrößerte Lumen in dieser Mucusschicht entsteht durch die Ablösungsbewegung des lebenden Schwammgewebes durch Wachstum. Die monokristallinen Skleren werden durch eine frühdiaogenetische Neomorphose in polykristalline Strukturen übergeführt, oft verbunden mit einem Verlust an Mg. Isotopenchemisch unterscheiden sich Skleren und Basalskelett nur durch veränderte  $\delta$  O<sup>18</sup> Werte, die auf diagenetische Prozesse zurückgeführt werden können. Bemerkenswert ist der hohe  $\delta$  C<sup>13</sup> Gehalt (ca. +2,3). Eine intrazelluläre Bildung des Basalskeletts konnte nicht festgestellt werden. Der Vergleich mit der pharetroniden Gattung *Minchinella* (Calcaronea) zeigt einige Unterschiede. Die Skleren werden hier nicht durch neomorphe Prozesse aufgelöst. Die großen choanosomalen Tetractinen werden zuerst an ihren Kontaktpunkten mit einem orthogonalen Zement verbunden. Dieser Zement ist vergleichbar mit den primären Zementfladen von *Petrobiona*. Im weiteren Verlauf der Ontogenese werden die Skleren vollständig von diesem Zement überwachsen. Das Basalskelett zeichnet das primäre Skelett nach ("stromatoporoider" Bau). Es handelt sich bei den Zementen wiederum um extra-dermale Bildungen, allerdings hier initiiert durch das Choanosom. Die chemischen und isotopenchemischen Parameter sind vergleichbar mit denen von *Petrobiona*. Das Basalskelett von *Murrayona* (Calcinea) unterscheidet sich grundlegend von dem der Calcaronea. Das sekundäre Kalkskelett ist aspikulär, allerdings werden gelegentlich eingefangene Skleren beobachtet. Das sekundäre Skelett hat eine sphärolitische Struktur. In der Aufsicht zeigen sich allerdings wiederum primäre Elemente, die vergleichbar sind mit den primären Zementfladen der Calcaronea. Das Basalskelett wird wiederum in einem extra-dermalen/choanosomalen Raum gebildet. Isotopenchemisch unterscheidet sich dieses Basalskelett grundlegend von den anderen. Während die Basalskelette der Calcaronea erheblich schwerer sind, ist das von *Murrayona* extrem leicht ( $\delta$  C<sup>13</sup> -3,45;  $\delta$  O<sup>18</sup> -2,81) und nahezu identisch mit den Skleren von *Leucetta*, ebenfalls ein Vertreter der Calcinea. In diesem Fall muß mit einem erheblichen Vitaleffekt bei der Bildung des Basalskeletts gerechnet werden.

\* Adresse des Autors:

## Abstract

*Petrobiona massiliana* is a Recent pharetronid sponge with a secondary basal skeleton composed of high Mg calcite. *Petrobiona* is linked with the subclass Calcaronea. The basal skeleton is mainly constructed of elongated spherulitic elements. The living tissue of the sponge is restricted to the upper part of the calcareous skeleton, except for narrow canals which penetrate the basal skeleton. The basal skeleton grows within a extremely thin mucus layer between the pinacoderm of the living sponge and the substrate or ontogenetically older basal skeleton. This layer is called the "extra-pinacodermal mucus layer". The primary basal skeleton elements are called "sclerodermites" or elongated cement-chips and grow within the outer-pinacodermal space. The shape of the chips is influenced by the upward movement of sponge tissue during growth. The spicular skeleton of the sponge is partly entrapped by synvivo-formed cement-chips. Chemistry of the spicules is nearly similar to the primary elements. An early diagenetic neomorphic process alters the single Mg calcite crystals of the spicules into polycrystalline, granular, or prismatic structures. Within the oldest parts of the basal skeleton the entire structure of the spicules is changed into diagenetic spherulites. Stable isotope content ( $\delta C^{13}/\delta O^{18}$ ) of the primary cement-chips and spicules are nearly similar. Cements of the basal skeleton differ only in more positive  $\delta O^{18}$  values, a typical diagenetic feature. Remarkable are relatively high  $\delta C^{13}$  values (+2,3). A strong vital effect (e.g. high content of respirative  $CO_2$ ) is therefore not noticed.

The basal skeleton of *Petrobiona* was compared with another pharetronid species of the Calcaronea group, *Minchinella lamellosa*. This particular sponge is a true living fossil and is characterized by a rigid interior choanosomal spicular skeleton. This second type of pharetronid basal skeleton is constructed of spicules which are connected by high Mg calcite cements, analogous to with the primary cement-chips of *Petrobiona*. These cements also grow an extra-dermal mucus layer however initiated in this case by choanosomal tissue. Chemical data as well as stable isotope content are comparable with *Petrobiona*.

A third type of pharetronid basal skeleton is realized in *Murrayona phanolepis*. *Murrayona* is classified as belonging to the other subclass of the Calcarea, the Calcinea. The basal skeleton has an aspicular character. Spicules are rarely entrapped within the basal skeleton. Microstructure of the high Mg calcite basal skeleton is spherulitic. The basal skeleton is constructed of primary skeletal elements which are comparable with those of *Petrobiona*. These elements grow within an extra-dermal choanosomal mucus layer. Chemical and isotopic data are totally dissimilar. Mg values are significantly higher and strictly correlated with spicules of other Calcinea (e.g. *Leucetta*). This same feature is observed in the stable isotope data. In contrast to the heavy primary and secondary skeletons of Calcaronea, Calcinea have extremely light skeletons ( $\delta C^{13}$  -3,45;  $\delta O^{18}$  -2,81). A strong vital effect is proposed.

## 1. Einleitung

Pharetronide Kalkschwämme moderner Prägung treten erstmals in der obersten Trias auf und haben ihr Entwicklungsmaximum während Jura und Kreide (REITNER 1987a, REITNER 1989). Es werden in beiden Unterklassen der Kalkschwämme, den Calcinea und den Calcaronea, Formen mit einem rigiden Kalkskelett gefunden (KIRKPATRICK 1908, VACELET 1964, 1970, 1981, REITNER 1987a). Alle echten Pharetroniden sind durch einen Sklerentyp charakterisiert, den Stimmgabel-Triänen, die eine Plesiomorphie dieser Gruppe darstellen (Reitner 1987a). Aus dem Stock der Pharetroniden lassen sich gut die modernen basalskelettlosen Kalkschwämme ableiten (REITNER 1987a).

Ungeklärt sind bis jetzt vor allem die Bildung und ontogenetische Entwicklung der unterschiedlichen Basalskelette, ihre Funktion und Diagenese. Erste Ansätze finden sich bei CUIF et al. 1979, REITNER 1987a, VACELET 1989b, die allerdings nicht alle Fragen befriedigend lösen konnten, insbesondere das *Petrobiona*-Problem blieb weitgehend ungelöst.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist, ein Modell für die Basalskelett-Bildung der unterschiedlichen pharetroniden Taxa zu entwerfen.

## 2. Material und Methoden

Das *Petrobiona*-Material (ca. 30 Exemplare) für diese Arbeit wurde in den submarinen Höhlen nahe Marseille geborgen und sofort mit Glutardehyd und Osmiumtetroxid fixiert (Methode nach LEDGER & FRANC 1978). Von Prof. VACELET wurde freundlicherweise alkoholfixiertes Vergleichsmaterial von *Petrobiona* zur Verfügung gestellt.

Weiteres Vergleichsmaterial anderer Pharetroniden wurde von M.S.STONE (British Museum of Natural History, London), Dr. van SOEST (Amsterdam) und Dr. KÜHLMANN (Humboldt-Universität, Berlin/DDR) freundlicherweise zur Verfügung gestellt.

Von dem gut fixierten Material wurden Critical Point (CO<sub>2</sub>) Trocknungen für REM-Untersuchung der Weichkörperoberflächen durchgeführt. Zur REM-Untersuchung der Basalskelette wurden die organischen Anteile durch Kochen in konzentrierter H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> wegoxidiert. Diese Methode hat dem Vorteil, daß die Hartteile nicht angegriffen werden. Für ultrastrukturelle Untersuchungen wurden frische Bruchstellen verwandt. An einem hochpolierten Exemplar

wurden Untersuchungen mit Hilfe der Back Scatter-Methode am REM gemacht, um Struktur- und Dichteunterschiede besser sichtbar zu machen. Weiterhin wurden mehrere Dünnschitte und Dünnschliffe von den Organismen hergestellt. Die Dünnschliffe wurden benötigt um unter polarisiertem Licht die mineralogischen Untersuchungen durchzuführen.

Die chemischen Untersuchungen wurden mit Hilfe der energiedispersiven Röntgenanalyse (EDAX) am REM, der wellendispersiven Röntgenanalyse (Mikrosonde) und mit der Atomabsorptions-Spektralanalyse (AAS) am Institut für Mineralogie der Freien Universität Berlin durchgeführt. Die isotochemischen Untersuchungen übernahm in dankenswerter Weise Prof. Dr. J. HOEFS am Institut für Geochemie in Göttingen.

Die Proben sind am Institut für Paläontologie der Freien Universität Berlin unter der Bezeichnung IPFUB/1989/ JR/Phar hinterlegt.

## 3. Beschreibung der Struktur des Basalkörpers von *Petrobiona*

*Petrobiona massiliana* ist ein Kalkschwamm der Calcaronea-Gruppe mit einem kalzitischen Basalskelett (VACELET 1964) (Taf. 1/1-3). Die Calcaronea sind durch einen zentralen bzw. apikalen Choanocyten-Nucleus und polyanguläre Skleren charakterisiert. Im Gegensatz dazu besitzen die Calcinea einen basalen Choanocyten-Nucleus und in der Regel equianguläre Skleren.

Der Schwamm selbst lebt nur an der Oberfläche des Kalkkörpers, allerdings ziehen dünne Kanäle in dessen Innere, in denen sich Archaeocyten (Theocyten) befinden (modifizierte Gemmulae) (VACELET 1989a) (Taf. 1/2). Das Skleren-Skelett zeigt eine Vielzahl unterschiedlicher Typen, ein wesentliches Charakteristikum der calcaroneiden Pharetroniden (Taf. 3/4; Taf. 5/1, 3). Hervorzuheben ist die Existenz von Stimmgabeltriänen (Taf. 5/1) und kleinen acanthosen Diactinen (Taf. 3/4). Bedornete Calthropse, wie sie bei *Minchinella*, *Petrostroma* und *Plectroninia* gefunden werden, wurden nicht beobachtet. Die Weichkörperorganisation ist typisch für chaetetide Spongien, d.h. das lebende Schwammgewebe ist auf die Oberfläche des Basalskelettes beschränkt. Allerdings fehlt die typische Tabulation in den Röhren (Taf. 1/3).

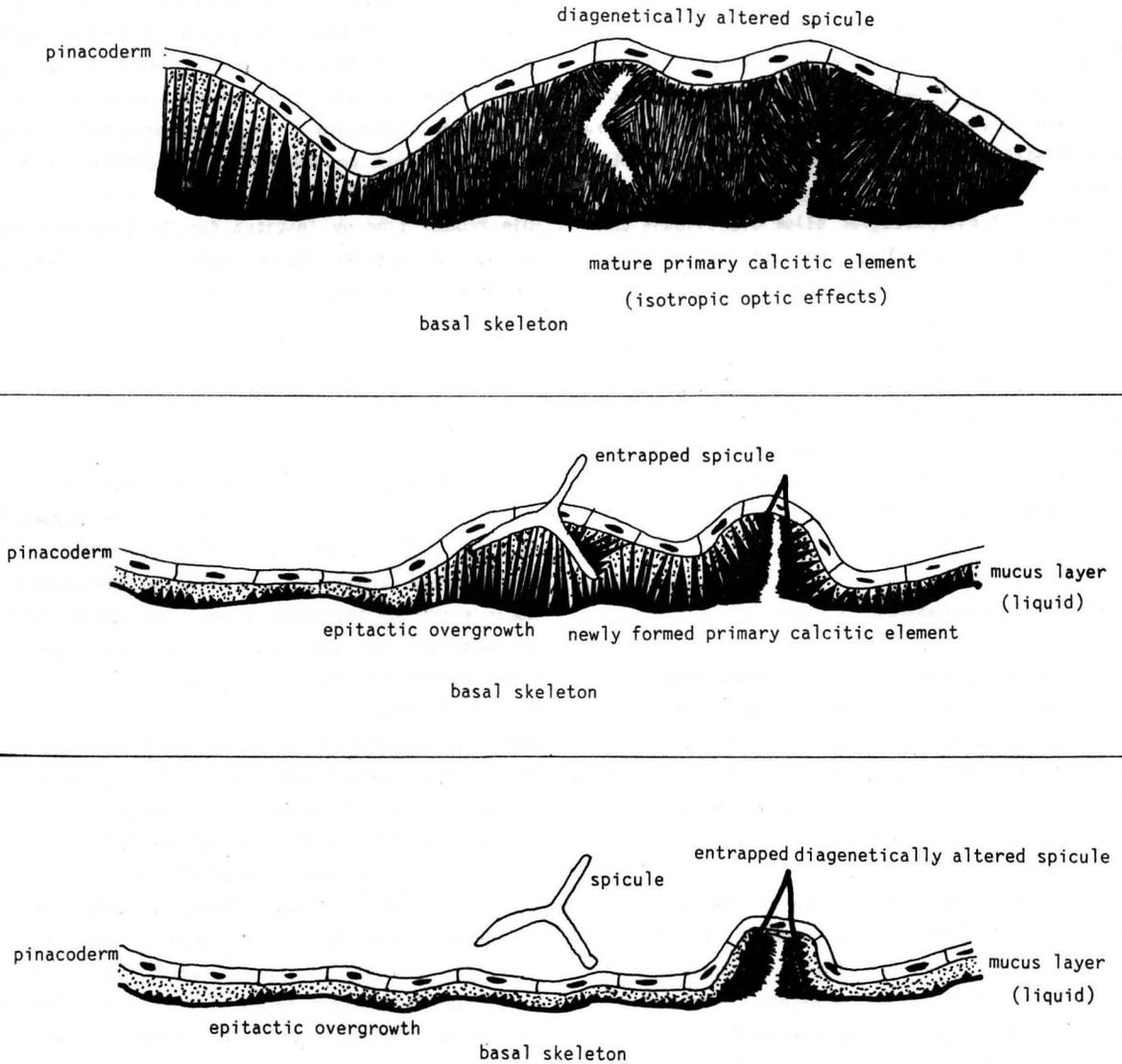


Abb.1 Kartoon zur Bildung der primären Zement-Fladen bei *Petrobiona massiliana*. Dieses Modell ist auch gültig für alle anderen beobachteten pharetroniden Spongien.

### 3.1. Ontogenetisch jüngster Abschnitt des Basalskeletts

Unter dem ontogenetisch jüngsten Abschnitt wird die unmittelbare Oberfläche des Basalkörpers verstanden. Zwischen dem lebenden Schwammgewebe und dem Basalkörper befindet sich eine schmale Zone, die extra-pinacodermale Mucuschicht, die eine Dicke von ca. 1  $\mu\text{m}$  aufweist (Taf.3/1, Taf.4/1-4). Über die biochemische Zusammensetzung dieser Mucuslage ist nichts bekannt. Vermutlich sind in ihr Polysaccharide angereichert, welche die Kristallkeimbildung begünstigen. Sicher ist, daß in dieser Lage die Mg-Kalzit Zemente des Basalskeletts gebildet werden.

Es entstehen hier linsen- oder fladenförmige Zementkissen aus einem Mg-Kalzit mit einer durchschnittlichen Größe von 30-50  $\mu\text{m}$  (Taf.2/4; Taf.3/2-3; Taf.4/1-4; Taf.8/3-4). Die interne Struktur dieser Zement-Kissen ist immer prismatisch (Taf.4/2; Taf.8/3-4). Die Länge der Kristallprismen beträgt ca. 5-10  $\mu\text{m}$ . Die Oberfläche dieser Fladen ist ursprünglich glatt (Taf.3/2-3; Taf.4/4). Im Verlauf der Vergrößerung des extrapinacodermalen Raumes durch Ablösung des Pinacoderms entstehen typische kurzprismatische Kristalle (Länge 1-5  $\mu\text{m}$ ), die auf epitaktisches Wachstum einzelner Kristallite zurückgeführt werden können. Bevorzugt wird ein C-Achsen-Wachstum beobachtet (Taf.3/2, 3; Taf.4/1-4). Die primären Kristall-Fladen sind z.T. identisch mit den "Sklerodermiten" sensu VACELET (1989b) und MÖHN (1984). Gut zu beobachten sind diese Phänomene in Bereichen, wo der Schwamm Hindernisse überwächst, z.B. Serpel-Röhren oder Bryozoen, die auf abgestorbenen Teilen des Basalskeletts siedeln (Taf.2/1-4, Taf.3/2-3). Das entstehende Basalskelett besteht aus einem Mosaik von diesen Fladen (Taf.3/2-3). Dies läßt Rückschlüsse auf die Struktur des extrapinacodermalen Raumes zu. Löst sich das Pinacoderm nur partiell vom Untergrund, entstehen Räume, die den primären Skelettelementen entsprechen. Dieser Raum ist in seiner Ausdehnung nicht fixiert und wird durch die Wachstumsgeschwindigkeit des Schwammes kontrolliert (Taf.8/3-4; Abb.1).

Weiter finden sich in dieser Zone Skleren, die durch die primären Kristall-Fladen eingefangen und somit in das entstehende Basalskelett integriert werden können (Taf.5/1-4; Taf.6/1-4; Taf.8/3, 6). Die Skleren entstehen intrazellulär durch sog. Skleroblasten. Bei den Kalkschwämmen wird jeder

Sklerenast durch eine Zelle gebildet (JONES 1970). Im Zuge des Größenwachstums des Schwammes wird das Sklerenskelett nicht vollständig mitgezogen, sondern es bleibt an Ort und Stelle. Folge ist, daß die Skleren aus dem Gewebe herauskommen und somit erstmals innerhalb der extra-pinacodermalen Mucuschicht diagenetischen Veränderungen ausgesetzt sind (Taf.5/1, 3). Allerdings werden nicht alle Skleren sofort durch die Diagenese angegriffen. Dies liegt vermutlich an einem dünnen organischen Überzug, der eine rasche epitaktische Zementation verhindert. Dies ist auch der Grund für fleckenhafte Anreicherungen von Skleren innerhalb der jüngsten Abschnitte (Zone 2) des Basalskeletts (Taf.8/1). Auffällig ist weiterhin, daß die distalen Spitzen der Skleren oft noch glatt sind und optisch einem Einkristall entsprechen (Taf.6/1-3; Taf.7/1, 3; Taf.8/5-6; Taf.9/1). Diese Zone ist noch vom lebenden Schwammgewebe umgeben. Unter polarisiertem Licht läßt sich hier die Einkristallstruktur der Skleren noch gut erkennen. Der diagenetische Überwuchs beginnt mit dendritischem Wachstum auf den Skleren (Taf.6/1-3), nach der Rhomboeder-Fläche (1011) orientiert. Es entstehen typische Skelettkristalle, die im weiteren Verlauf miteinander verwachsen. Die Folge ist eine Ausbildung von 4 Kristallkanten um eine Sklere (Taf.6/3), und die Bildung typischer kalzit-rhomboedrischer Strukturen, d.h. das diagenetischen Dickenwachstum der Skleren erfolgt parallel der Rhomboeder-Fläche und ist nicht C-Achsen orientiert (Taf.5/4), wie dies bei den Zementfladen beobachtet wird. Wachsen diese veränderten Spiculae zusammen, in Verbindung mit den primären Kristall-Fladen (Taf.8/5), die sich oft auch auf den Skleren anlagern, so entstehen bizarre Oberflächen-Formen, die typisch für *Petrobiona* sind.

Im polarisierten Licht erscheinen die Einzelkristalle der Skleren sehr deutlich. Ebenso sind die Primärelemente des Basalskeletts leicht durch ihr anisotropes Verhalten erkennbar. Sie erscheinen in der 90° Stellung unter gekreuzten Nicols sehr hell, während die diagenetisch stärker veränderten Bereiche unabhängig der Polarisator-Stellung relativ dunkel erscheinen (Isotropie-Effekt) (Taf.8/3-6). Diese Phänomene gelten in gleicher Weise für die epitaktischen Aufwüchse auf den Skleren.

Die deutliche Anisotropie der frisch gebildeten Basalskelett-Teile ist auf eine unvollständige Kristallisation und Zementation im Bereich der linsenförmig erweiterten extra-pinacodermalen Mu-

cusschicht zurückzuführen. Der primäre Hohlraum ist noch nicht vollständig zementiert, der restliche Hohlraum noch mit Wasser und Schleim gefüllt. Die Mg-Kalzit-Kristalle erscheinen deshalb noch deutlich. Im weiteren Verlauf wird der Resthohlraum durch epitaktisches Wachstum auf den Mg-Kalzit-Kristallen der primären Elemente (C-Achsen orientiert) und der Spiculae (1011-orientiert) restlos verfüllt. Durch die Vernetzung der Kristallite kommt es zu einer Pseudo-Mikritisierung und somit zu Isotropie-Effekten, die sich insbesondere an den Rändern der primären Skelettelemente durch dicke Mikritsäume äußern (Taf.8/3-4).

### 3.2. Ontogenetisch mittlere Abschnitte

Als ontogenetisch mittlerer Abschnitt wird der Bereich unterhalb der extra-pinacodermalen Schicht verstanden. Hier kommt es zu den ersten umfassenden diagenetischen Veränderungen, die sich strukturell bemerkbar machen. Die meisten Skleren werden durch eine beginnende Neomorphose in polykristalline Strukturen umgewandelt (Taf.7/1-4), oft verbunden mit den oben genannten Isotropie-Effekten. Die Skleren verlieren dadurch ihre vollständige Form und sind dann nur noch als Geisterstrukturen erkennbar (Taf.7/4). In Verbindung mit den prismatischen Primärelementen entstehen Sphärolitstrukturen, die als Kern gelegentlich noch Relikte der ursprünglichen Skleren erkennen lassen (Taf.7/2, 4). Gelegentlich finden sich Nester von Skleren, die noch ihre ursprüngliche Gestalt besitzen. Die Neomorphose hat hier noch nicht ange-setzt. Allerdings sind die Spiculae über die Zementfladen miteinander verbunden. Diese Strukturen werden erst im späteren Verlauf der Diagenese homogenisiert.

### 3.3. Ontogenetisch ältere Abschnitte

Im ontogenetisch älteren Abschnitt des Basalskeletts sind keine ursprünglichen Strukturen mehr erkennbar (Taf.8/2). Alle primären Strukturelemente, wie Kristall-Fladen und Spiculae, sind durch diagenetische Prozesse zu Sphäroliten umgewandelt. Diese Zone ist meistens stark durch Bohrschwämme (*Aka*, *Clyona*) zerbohrt. In Hohlräumen werden zudem eine Vielzahl anderer, nicht bohrender Spongien beobachtet, z.B. *Geodia* und *Agelas*.

### 3.4. Initiales Flächenwachstum von *Petrobiona*

*Petrobiona* benötigt ein Hartsubstrat als Wachstumsunterlage. Die Wachstumsstrategie läßt sich am besten an Stellen beobachten, die vom Schwamm überwachsen werden, z.B. über Serpeln oder Bryozoen (Taf.2/1-4). In einem Fall, an einem Aufwuchs auf einer Bryozoe, war es möglich, die vom Schwamm besetzte Gesamtfläche zu bestimmen (Taf.2/1-2). Es lassen sich in diesem Fall drei Zonen unterscheiden: Zone 1 ohne Basalskelett, Zone 2 Skleren-Anreicherungen und erste primäre Zementkissen und Zone 3 mit normalem Basalskelett (Taf.2/1):

Zone 1 ist dadurch charakterisiert, daß kein Basalskelett vorhanden ist. Die Skleren werden nur durch Schwammgewebe festgehalten. Nach Auflösung des Gewebes liegen die Skleren lose auf dem Substrat. Eine Zementation ist nicht zu beobachten.

Zone 2 ist durch isolierte primäre Zementfladen, lose Skleren und erste epitaktische Zemente auf den Skleren charakterisiert.

Zone 3 ist durch ein vollständiges Basalskelett gekennzeichnet, das teils durch synvivo diagenetisch veränderte, teils durch diagenetisch nicht angegriffene Skleren, und durch primäre Basalskelett-Elemente, die infolge der Zementation in das Basalskelett eingefangen wurden, charakterisiert ist.

### 4. Das Basalskelett von *Minchinella lamellosa* KIRKPATRICK

*Minchinella* ist ebenfalls ein pharetronider Schwamm der Calcaronea-Gruppe, der allerdings eine größere geographische Verbreitung besitzt und im indo-pazifischen Raum in kryptischen Habitaten zu finden ist. Bekannt sind 2 Arten, *M. lamellosa* KIRKPATRICK (Taf.9/2) und *M. kirpatricki* VACELET. Diese Gattung ist aufgrund ihres Sklerenskeletts nahe mit *Petrobiona* verwandt. Das Basalskelett von *Minchinella* ist charakterisiert durch große tetractine bedornete Skleren (acanthose Calthropse) (Taf.10/1), die durch einen orthogonalen Zement aus Hoch-Mg-Kalzit zusammengehalten werden (KIRKPATRICK 1908, VACELET 1981, REITNER 1987a) (Taf.9/3-5; Taf.10/4). Es entsteht auf diese Art ein rigides Sklerennetzwerk (Taf.9/2; Taf.10/2).

Der Zement ist vergleichbar mit den primären Basalskelett-Elementen (Zementfladen) von *Petrobiona*. Die Fladen sind unterschiedlich groß (Taf.9/4, Taf.10/2), abhängig vom Reifestadium des Basalskeletts. Die Zementation der Skleren erfolgt bevorzugt an deren Kontaktpunkten. Die zementierten Bereiche haben hier eine durchschnittliche Größe von 10–30  $\mu\text{m}$  (Taf.9/4). Im weiteren Verlauf der Ontogenese werden die Skleren vollständig von diesen Strukturen überwachsen; nur die distalen Enden der Skleren sind dann noch erkennbar (Taf.10/2). Dieses Phänomen wird häufig bei fossilen Minchinelliden beobachtet, z.B. bei *Muelle-ritthalmia extensa* (LANG) (REITNER 1987a) und erklärt den oft hervorragenden Erhaltungszustand fossiler minchinellider Pharetroniden.

Die Zementfladen sind aus kurzen (2–5  $\mu\text{m}$  langen) Mg-Kalzit-Kristallen, die in der Regel prismatisch (orthogonal) angeordnet sind (Taf.10/4) aufgebaut. Die Zementfladen sind durch epitaktische Aufwüchse charakterisiert, die sich durch hervorstehende trigonale Kristallspitzen erkennen lassen (C-Achsen orientiertes Wachstum) (Taf.9/4). Einzelne Kristallit-Einheiten eines Fladens zeigen immer eine einheitliche Orientierung in Richtung der Rhomboederfläche (Taf.10/3). Bei älteren Zementfladen setzt eine erste Neomorphose ein, die zur Folge hat, daß die prismatische Struktur verloren geht und blockige Kristallite entstehen (Taf.9/5).

Im Gegensatz zu *Petrobiona* werden die Skleren nicht von einer Neomorphose oder anderen frühdiagenetischen Prozessen erfaßt. Die Ursache dafür ist noch nicht bekannt. Vermutlich sind die Skleren beim beginnenden Zementüberwuchs noch von beständigeren organischen Hüllen umgeben, die sich in den ontogenetisch jüngsten Bereichen an der Grenze Dermal-/Basalskelett durch Fuchsin-Färbungen und in den ontogenetischen älteren Partien mit dem REM durch sehr dünne Spalten (ca. 200 nm) zwischen Skleren und Zement nachweisen lassen. Die organischen Hüllen sind in diesem älteren Bereich bereits abgebaut.

Die Bildung der Zemente erfolgt wie bei *Petrobiona* über extra-dermale Schleime. Normalerweise werden diese Lagen durch die extra-pinacodermalen Zonen repräsentiert. LEDGER (1976) wies Ca-Konzentrationen auch im Choanosom nach. Es ist somit leicht erklärbar, daß die Choanosomal-Skleren durch extra-choanosomal Schleime zementiert werden. Spezielle Zellen werden nicht beobachtet. Die von

KIRKPATRICK (1908) beobachteten Telmatoblasten, die verantwortlich sein sollten für die Zementbildung, wurden bei der Überarbeitung des Materials nicht wiedergefunden. VACELET (1967) beschreibt bei *Plectroninia*, einer mit *Minchinella* nahverwandeten Form, "flattened cells" an den Skleren-Kontaktpunkten, die verantwortlich sein sollen für die Zementbildung. Eine "Gemmulae"-Funktion wie bei *Petrobiona* wird nicht beobachtet. Die Verschmelzung der Skleren dient ausschließlich zur Stützung des Schwammgewebes.

##### 5. Das Basalskelett von *Murrayona phanolepis* KIRKPATRICK

*Murrayona phanolepis* repräsentiert den 3. Basalskelett-Typ, der bei den Kalkschwämmen beobachtet wird (Taf.11/1). Diese Gattung wird aufgrund der basalen Lage des Choanocyten-Nucleus und dem Besitz einer Blastula-Larve den Calcinea zugeordnet. Stimmgabeltriäne sind vorhanden. Als weiteres Skelettelement werden monokristalline Platten an der Oberfläche des Schwammes beobachtet (Taf.11/2), die als spezieller Sklerentyp betrachtet werden müssen.

Das Basalskelett ist aspikulär und zeigt eine sphärolitische Kristall-Struktur aus Hoch-Mg-Kalzit (Taf.11/3). Skleren spielen bei der Bildung des Basalskeletts nur eine untergeordnete Rolle. Gelegentlich werden Spiculae eingefangen, an denen dann der Mechanismus der Basalskelettbildung studiert werden kann (Taf.12/1–3). Die Skleren werden wiederum durch primäre Zementfladen überwachsen (Taf.12/2–3). Die primären Kalzitelemente sind wenige Mikrometer dick und haben eine horizontale Ausdehnung von ca. 100  $\mu\text{m}$ . Sie zeigen oft ein deutliches Rhombodermuster (Taf.12/2). Die Grenze zwischen Sklere und primärem Element ist durch eine dünne organische Lage markiert (Taf.12/3). Eine neomorphe Veränderung der Skleren, wie bei *Petrobiona* beobachtet, kommt deshalb nicht vor. Auf den primären Basalskelett-Elementen finden sich epitaktische Aufwüchse mit C-Achsen paralleler Orientierung (Taf.11/6). Die Elementarkristalle dieser Einheiten zeigen eine granulare Struktur und sind mit 100–500 nm Durchmesser extrem klein (Taf.11/6; Taf.12/4–6). Diese Elementarkristalle werden bei den übrigen Pharetroniden nicht beobachtet.

Die Oberfläche des aspikulären Basalskeletts zeigt, neben der typischen fein-granularen Struktur, einen mosaik-artigen, deutlich C-Achsen orientierten epitktischen Aufwuchs, der verantwortlich für das Dickenwachstum der Basalskelett-Elemente ist (Taf.11/5-6). An der Oberfläche sind deutliche fladenförmige Überwüchse erkennbar (Taf.11/4). Sie sind ca. 1 µm dick und besitzen eine horizontale Ausdehnung von wenigen 100 Mikrometer. Sie sind vergleichbar mit den primären Zementaggregaten auf den Skleren und mit denen der pharetroniden Calcaronea. Die Bildung dieser Elemente muß wiederum, aufgrund der beobachteten Morphologie, in einem extra-dermal/choanosomalen Raum erfolgen. Auffällig ist allerdings die granuläre Struktur des Kalzits. Beobachtet wird dieses Phänomen noch bei dem corallinen Demospongia *Vaceletia crypta* (VACELET). Bei *Vaceletia* werden die Hohlräume zwischen den Kollagen-Fasern mit einem aragonitischen Minimikrit (100-200 nm) zementiert. Bei *Murrayona* kann ein vergleichbarer Prozess beobachtet werden; der kalzitische Minimikrit wird primär im äußeren Gewebe gebildet. Dieses Phänomen wird im Dünnschliff besonders unter polarisiertem Licht deutlich (Taf.12/4-6). Die frisch gebildeten Minimikrite sind locker im Randgewebe verteilt (Taf.12/4). VACELET (1977a) diskutiert bereits eine intrazelluläre Entstehung dieses Basalskelett-Typs. Die Kalzitkörner werden nach Rückzug des Weichkörpers in einer Weise zementiert, wie dies bei den intrazellulär gebildeten Sphäroliten von *Astrosciera* beobachtet wird (REITNER 1987b). Nach diesem Stadium setzt die extra-pinacodermale Zementation ein (Fladen-Bildung, \*epitktische Aufwüchse).

Endosymbiontische Algen, die bei der Basalskelettbildung unterstützend wirken könnten, konnten bei allen Pharetroniden bisher nicht gefunden werden. Ob gelegentlich vorhandene Bakterien die Kalzifizierung beeinflussen, ist ungeklärt und wenig wahrscheinlich. Diese Bakterien sind vermutlich Nahrungsreserven.

Das Basalskelett stützt den choanosomalen Bereich des Weichkörpers. Echte Skleren sind als Dermal-skleren auf die Oberfläche des Schwammes beschränkt. Bei der nah verwandten *Paramurrayona corticata* VACELET ohne Basalskelett (VACELET 1977a) liegt vermutlich eine *Murrayona* mit sekundär reduziertem Basalskelett vor.

## 6. Geochemische Charakterisierung der unterschiedlichen Basalskelette

### 6.1. AAS, Mikrosonde und EDAX Analysen

#### 6.1.1 *Petrobiona*

Der lösliche Rückstand des Gesamtskeletts von 2 *Petrobiona*-Exemplaren wurde auf die Elemente Ca, Mg, Mn, Sr, und Fe mit der AAS nach der Methode von VEIZER (1974) analysiert. Die Gesamtanalysen ergeben Durchschnittswerte, die Abgrenzungen untereinander zulassen. Es zeigen sich bei verschiedenen Individuen erhebliche Abweichungen bei den Hauptelementen Ca und Mg, die auf individuell unterschiedliche Diagenese-Abläufe zurückzuführen sind. Die Spurenelement-Gehalte sind weniger Schwankungen unterworfen. Dies liegt vermutlich daran, daß während der frühen Neomorphose ein weitgehend geschlossenes System vorhanden war.

Spurenelemente (AAS-Analysen):

Individuum 1	Individuum 2
Sr: 2520 ppm	2593 ppm
Fe: . 40 ppm	80 ppm
Mn: 8 ppm	9 ppm

Hauptelemente (AAS-Analysen) & Mikrosonde:

Ca: 87,6% (CaCO <sub>3</sub> )	86,3%(CaCO <sub>3</sub> )
Mg: 8,7% (MgCO <sub>3</sub> )	9,1%(CaCO <sub>3</sub> )

Die Unterschiede in den Hauptelementen werden vor allem durch die EDAX-Analysen deutlich (Abb.2). Mg und Ca können bei dieser Methode direkt verglichen werden (NEUGEBAUER 1978). Die Ergebnisse sind im folgenden dargestellt:

#### 1. Analysenpunkt:

Analysiert wurde eine Sklere in Zone 1, die bereits einen epitaktischen Aufwuchs zeigt. Die gemessenen Werte ergeben mit ca. 9,4 Mol% MgCO<sub>3</sub> einen Magnesiumkalzit.

#### 2. Analysenpunkt:

Analysiert wurde wiederum eine Sklere in Zone 1. Die gemessenen Werte schwanken um 11,05 Mol% MgCO<sub>3</sub>.

#### 3. Analysenpunkt:

Analysiert wurde ein prismatisches Primärelement in Zone 1. Die gemessenen Werte schwanken zwischen 13-14 Mol% MgCO<sub>3</sub>.

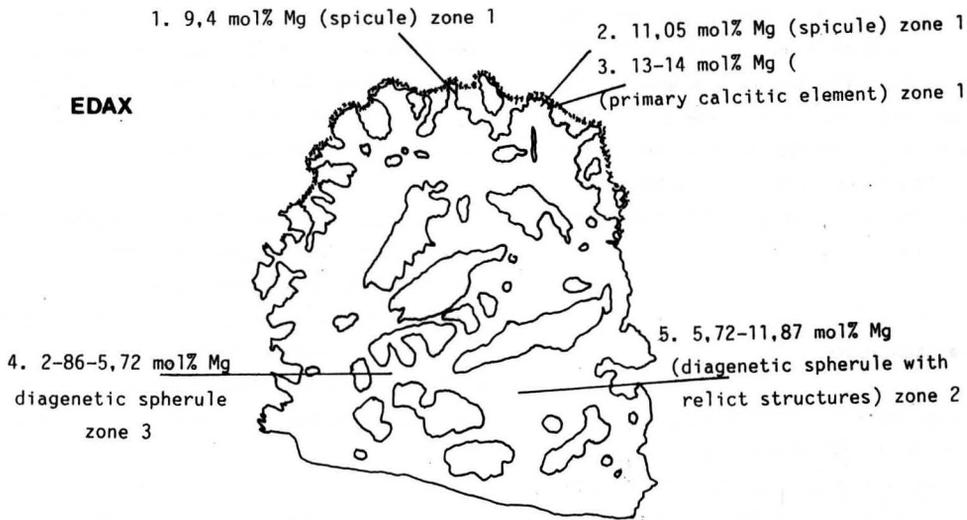


Abb.2 Zeichnung eines vertikalen Schnitts von *Petrobiona massiliana* mit der Angabe der Diagenese-Zonen und der entsprechenden Mg Werte (EDAX)

#### 4. Analysenpunkt:

Analysiert wurde ein Pseudo-Sphärolit in Zone 3 ohne erkennbare Reliktstrukturen. Die gemessenen Werte schwanken um 2,86-5,72 Mol% MgCO<sub>3</sub>. Dieser Wert ist der niedrigste, der gemessen wurde und dokumentiert ein fortgeschrittenes Diagenese-Stadium.

#### 5. Analysenpunkt:

Analysiert wurde ein Pseudo-Sphärolit in Zone 2 mit erkennbaren Skleren-Reliktstrukturen. Die gemessenen Werte schwanken zwischen 5,72-11,87 Mol% MgCO<sub>3</sub>. Die Werte liegen eindeutig höher als in Zone 3.

Diese Untersuchungen zeigen die erheblichen Schwankungen in den Magnesiumgehalten, in Abhängigkeit von der Position innerhalb des Basalkörpers. Auffällig sind auch die allgemein niedrigen Mg Werte. Die publizierten Daten (WENDT 1979) sind mit 14,1 Mol% MgCO<sub>3</sub> höher, die wellendispersiven Analysen stimmen mit 8,7 Mol% MgCO<sub>3</sub> gut mit den EDAX überein. Alle Werte sind individuell abhängig und schwanken erheblich. Sie repräsentieren wahrscheinlich unterschiedliche frühdiaogenetische Mg Anreicherungen.

#### 6.1.2. *Minchinella lamellosa*

Da von dieser Art nur 3 Exemplare existieren wurden nur an einem Stück chemische Analysen durchgeführt. Die AAS-Analysen führten zu folgenden Ergebnissen:

##### Spurenelemente:

Sr: 1313 ppm

Fe: 158 ppm

Mn: nicht nachgewiesen

##### Hauptelemente:

Ca: 85,1% CaCO<sub>3</sub>

Mg: 9,4% MgCO<sub>3</sub>

Die Spurenelementgehalte sind unterschiedlich zu *Petrobiona*. Auffällig ist der niedrige Sr Gehalt, der auf frühdiaogenetische Abreicherungen in den ontogenetisch älteren Teilen des Basalskeletts zurückgeführt wird.

Mit der energiedispersiven Röntgenanalyse wurden an einem zweiten Stück Übersichtsanalysen und Punktanalysen von Zementen und Skleren durchgeführt:

Übersicht: ca. 8,06mol% MgCO<sub>3</sub>

Skleren: ca. 6,15mol% "

Zement: ca. 19,4mol% "

Die gemessenen Werte gleichen ungefähr denen der AAS-Analysen. Auffällig ist, daß der Zement die höchsten Mg Werte zeigt. Bei *Petrobiona* wies der primäre Zement (Zementfladen) ebenfalls die höchsten Mg Werte auf. Die Skleren zeigen in beiden Fällen niedrigere Werte. Die Sr Werte gleichen denen von *Minchinella*. Vergleicht man die gewonnenen Daten mit denen von JONES & JENKINS (1970) von Calcaronea Skleren so ergeben sich gute Übereinstimmungen (Abb.3)

### 6.1.3 *Murrayona phanolepis*

Von diesem Schwamm wurden nur EDAX Analysen durchgeführt, die ca. 12,28-14 mol% MgCO<sub>3</sub> zum Ergebnis hatten. WENDT (1979) kam mit 19,9% mol% MgCO<sub>3</sub> zu erheblich höheren Werten. Die Deutung der unterschiedlichen Werte ist problematisch. Es ist nicht klar, ob es sich um individuelle Besonderheiten handelt, oder ob Analysefehler vorliegen. Die Datenbasis mit 2 Analysen ist zu gering, und zeigt nur mögliche Trends auf. Dieses Problem gilt für alle gemachten Analysen. Sie müssen deshalb kritisch gesehen werden.

Im Vergleich mit anderen Calcinea stimmen die höheren Mg Werte der Skleren gut überein. Die Skleren von Calcinea weisen höhere Mg Werte auf als die der Calcaronea (JONES & JENKINS 1970) (Abb.3).

## 6.2. Isotopenchemische Ergebnisse

Von den meisten Taxa coralliner Spongien wurden Analysen der stabilen Isotopen O<sup>16</sup>/<sup>18</sup> und C<sup>12</sup>/<sup>13</sup> durchgeführt, um die beobachteten diagenetischen Prozesse besser beurteilen und um mögliche Vitaleffekte nachweisen zu können.

Die gemessenen Isotopenwerte werden in "delta" Werten angegeben, d.h. die gemessene Probe wird mit einem Standard verglichen und ein Verhältnis nach der Formel dargestellt:

$\delta C^{13} =$

$$\frac{C^{13}/C^{12} (\text{Probe}) - C^{13}/C^{12} (\text{Standard})}{C^{13}/C^{12} (\text{Standard})} \times 1000$$

Die Formel gilt für die O<sup>16</sup>/<sup>18</sup> Verhältnisse analog. Der Standard der heute benutzt wird, wird PDB genannt. Es handelt sich dabei um einen Kreide-

Belemnit dessen isotopische Zusammensetzung  $\delta C^{13}$  und  $\delta O^{18}$  mit jeweils 0 definiert wurde. Alle karbonatischen Gesteine und Schalen werden nach diesem Standard berechnet. Für alle anderen wird der "Standard Mean Ocean Seawater = SMOW" benutzt, der sich mit dem PDB-Standard in Beziehung setzen läßt (weitere Daten bei HUDSON 1977).

Die geringe vorliegende Datenmenge liegt in der schwierigen Beschaffung des seltenen Materials. Dem Verfasser ist bewußt, daß die vorliegende Datenmenge nicht ausreicht, hinreichend gesicherte Aussagen zu machen. Statistisch ist das Material nicht verwertbar. Deshalb wurde auch auf die Anwendung statistischer Methoden verzichtet.

### 6.2.1. Coralline Calcarea ("Pharetronida")

Von dieser Gruppe wurden insgesamt fünf Proben analysiert (Abb.4), davon fielen 3 auf *Petrobiona* und je eine auf *Minchinella* und *Murrayona*, außerdem wurde als Vergleich das Skleren-Skelett von *Leucetta* sp. gemessen. Von *Petrobiona* wurde das Basalskelett und die Skleren separat gemessen und außerdem eine Gesamtanalyse durchgeführt, um mögliche Unterschiede zu erkennen. Die Analysen ergaben folgendes Bild:

$\delta C^{13}$	$\delta O^{18}$
<i>Petrobiona</i> (Basalskelett & Skleren):	
+2.29	+1.73
"	(Skleren-SKL):
+2.14	-0.38
"	(Basalskelett-BSKLT):
+2.09	+1.21
<i>Minchinella lamellosa</i> (BSKLT & SKL):	
+2.82	-0.46
<i>Murrayona phanolepis</i> (BSKLT & SKL):	
-3.45	-2.81
<i>Leucetta</i> sp. (Skleren):	
-3.56	-2.70

Dieses überraschende Ergebnis zeigt einen sehr deutlichen Unterschied zwischen den minchinelliden Pharetroniden und den Murrayonida bzw. *Leucetta*.

### Basalskelette der Minchinellida (Abb.4)

Die Minchinellida besitzen isotopisch erheblich schwerere primäre und sekundäre Skelette. Es fällt dabei auf, daß die  $\delta C^{13}$  Werte relativ konstant

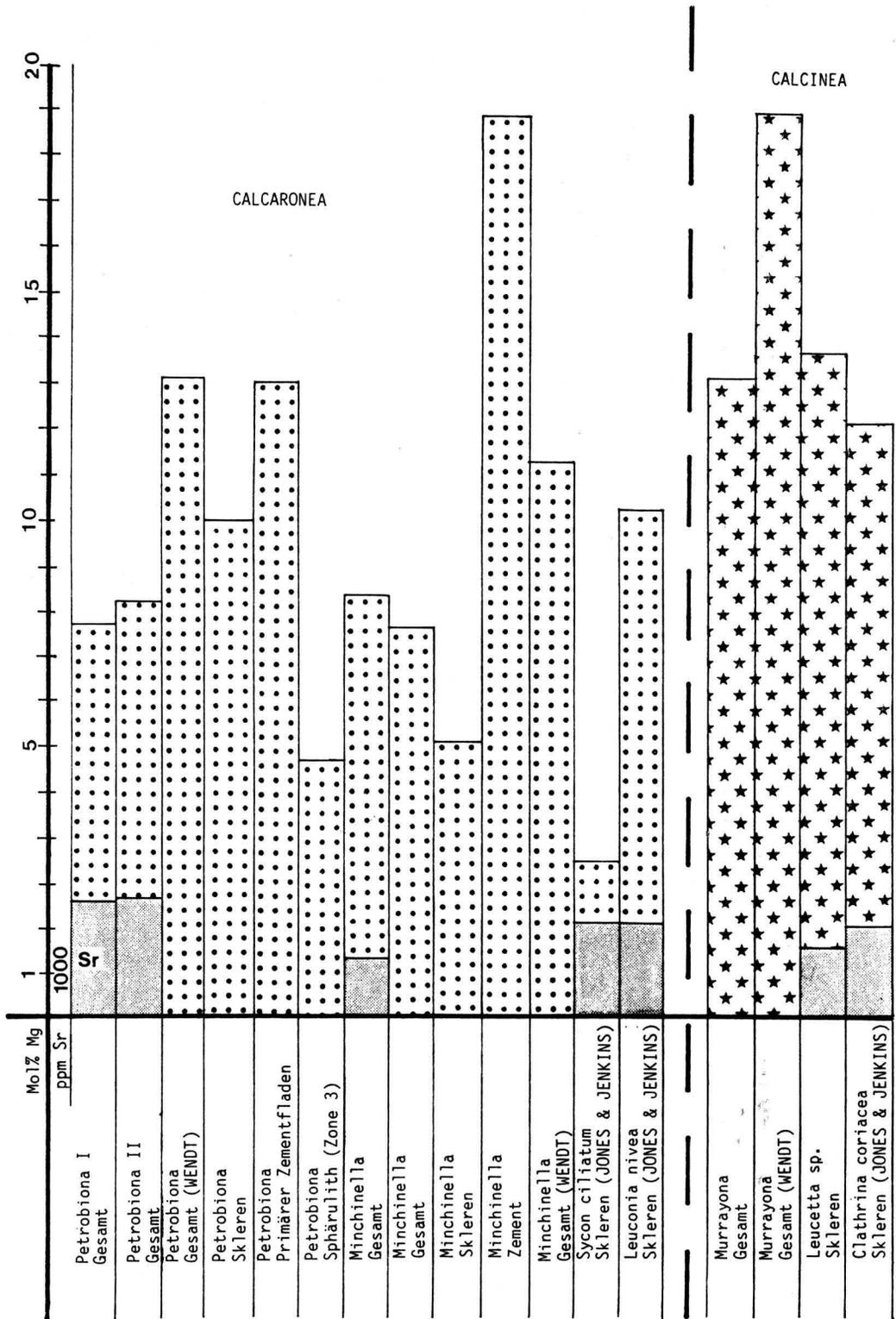


Abb.3 Histogramm der Mg und Sr Werte bei den Calcaronea und Calcinea (Daten z.T. aus WENDT 1979 und JONES & JENKINS (1970)). Feines Punktraster = Sr-Werte.

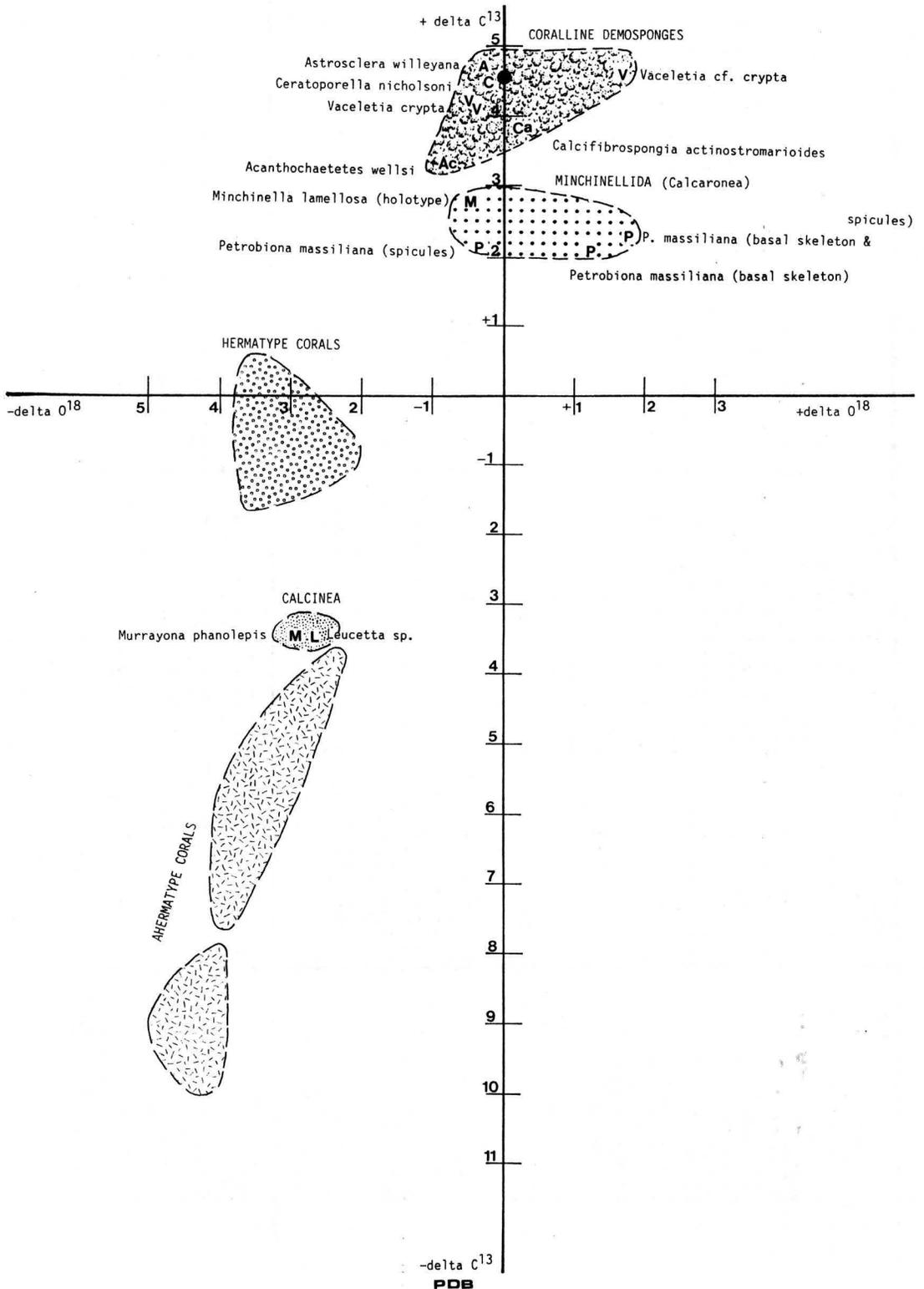


Abb.4 Stabile Isotopen nach Gruppen aufgeplottet. Werte der Korallen aus WEBER (1974) und JUX (1984). Schwarzer Punkt bei  $+4,5 \delta^{13}C$  entspricht dem Meerwasser.

sind. Die  $\delta O^{18}$  Werte schwanken erheblich. Dies gilt besonders bei den verschiedenen Skelett-Elementen von *Petrobiona*. Die Basalskelette zeigen einen isotopisch signifikant höheren Wert als die Skleren. Dieses Phänomen wird verständlich, wenn man dieses Ergebnis mit den histologischen und ultrastrukturellen Besonderheiten dieses Schwammes vergleicht. Die Skleren werden extrazellulär in Vakuolen im Mesohyl gebildet, d.h. es ist mit einem erheblichen Vitaleffekt zu rechnen, der sich durch eine Fraktionierung der Isotopen bemerkbar macht. Es kommt dabei zu einer Anreicherung der leichten Isotope. Dieser Effekt wird bei den  $\delta O^{18}$  Werten auch beobachtet, allerdings nicht bei den  $\delta C^{13}$  Gehalten! Mögliche Temperatureffekte, die zu einer Erhöhung der  $\delta O^{18}$  führen können, müssen ausgeschlossen werden, da alle Exemplare von der gleichen Stelle aus einer untermeerischen Höhle in einer Tiefe von ca. 15 m stammen. Die  $\delta C^{13}$  Werte, vor allem der Spiculae, bleiben allerdings konstant auf einem überraschend hohen Level und stellen somit ein erhebliches Interpretationsproblem dar, da eine Fraktionierung zu leichteren Isotopen zu erwarten wäre. Die erhöhten  $\delta O^{18}$ -Werte der Basalskelette dokumentieren sehr deutlich die frühdiagenetischen Effekte der Basalskelett-Bildung und unterstützen die aus den strukturellen Beobachtungen gewonnenen Vorstellungen.

#### Basalskelett von *Murrayona phanolepis* (Abb.4)

Deutlich anders sind die Verhältnisse bei *Murrayona phanolepis*. Die gemessenen Werte weichen grundsätzlich von denen der übrigen corallinen Spongien ab. Die  $\delta C^{13}$  und  $\delta O^{18}$  Werte sind erheblich leichter und nahezu identisch mit den Skleren einer *Leucetta* sp. von den Bermudas (flaches Subtidal). Die gemessenen Werte fallen nahezu mit denen der ahermatypen Korallen zusammen und lassen den Schluß zu, daß die Bildung dieses Basalskeletts erheblich stärker von metabolischen  $CO_2$  beeinflusst wird, obwohl die Bildung des Basalskeletts ebenfalls im extra-dermalen Bereich erfolgt. Die isotopische Zusammensetzung kann allerdings durch die in das Basalskelett eingebauten Skleren beeinflusst werden. Vergleicht man die Werte mit den Skleren von *Leucetta* sp., wird dieser Effekt deutlich: die Skleren zeigen mit sehr niedrigen (negativen) Isotopenwerten den erwarteten Vitaleffekt.

#### 6.2.2. Basalskelette coralliner Demospongia

Als Vergleich zu den Pharetroniden wurden von allen wichtigen Gruppen der Demospongia mit sekundärem Kalkskelett (Aragonit (A), Mg Kalzit (MGK)) ebenfalls Isotopen-Analysen durchgeführt (Abb.4). Die Analysen ergeben folgendes Bild:

$\delta C^{13}$	$\delta O^{18}$
	<i>Astrosciera willeyana</i> (A)
+4,71	-0,36
	<i>Vaceletia</i> cf. <i>crypta</i> (A)
+4,59	+1,69
	<i>Ceratoporella nicholsoni</i> (A)
+4,54	-0,27
	<i>Vaceletia crypta</i> (A)
+4,24	-0,49
	<i>Vaceletia crypta</i> (A)
+4,14	-0,41
	<i>Calcifibrosporgia actinostromarioides</i> (A)
+3,87	+0,23
	<i>Acanthochaetetes wellsi</i> (MGK)
+3,27	-0,83

Alle gemessenen  $\delta C^{13}$  Werte weichen erheblich von denen der Pharetroniden ab. Die Skelette der sehr unterschiedlichen Taxa sind extrem schwer und zeigen keinerlei Vitaleffekte (Fraktionierungen). Die  $\delta O^{18}$  Werte belegen einen deutlichen Temperatureffekt. Insbesondere *Vaceletia* cf. *crypta* zeigt abweichende  $\delta O^{18}$  Werte. Diese Form stammt aus einer Tiefe von über 200 m, so daß der relativ hohe  $O^{18}$  Wert verständlich ist.

#### 6.3. Diskussion

WEBER (1974) erklärt die Variationen in den  $\delta C^{13}$ -Gehalten bei Skleractinien vom Barriere-Riff zum einem mit der unterschiedlichen Diffusion von marinem  $CO_2$  durch den Korallen-Weichkörper. Unterschiedliche Typen von Korallenpolypen sind verantwortlich für unterschiedliche  $\delta C^{13}$  Werte. In Formen mit dünnen Polypenwänden wird mehr metabolisches (respiratives), isotopisch leichtes  $CO_2$  produziert als in Formen mit dicken Wänden. Unterschiede finden sich ebenfalls in Formen mit massiven, \*fungiden und inkrustierenden Skeletten, die relativ hohe  $\delta C^{13}$  Werte zeigen, gegenüber Formen mit verzweigten und blattförmigen Skeletten, die isotopisch leichtere  $C^{13}$  Werte besitzen. Zum ande-

ren spielen die symbiontischen Zooxantellen eine wichtige Rolle bei den  $\delta^{13}\text{C}$  Gehalten. Die intrazellulär lebenden Algen eliminieren das metabolische  $\text{CO}_2$ , so daß überwiegend isotopisch schweres  $\text{CO}_2$  aus dem Meerwasser in die Skelette eingebaut wird. Dies führt zu einer Erhöhung der  $\delta^{13}\text{C}$  Werte (WEBER 1974, EREZ 1978 u.a.). Bei den ahermatypen Korallen fällt der Photosynthese-Effekt weg und es kommt zu einer Skelettbildung, bei der nur respiratorisches  $\text{CO}_2$  benutzt wird. Die Skelette dieser Korallen sind isotopisch extrem leicht.

Allerdings werden bei den hermatypen Korallen keine so extrem positiven Werte erreicht, wie bei den calcaroneiden Pharetroniden und den corallinen Demospongia (Abb.4). Bei allen bekannten corallinen Spongien werden keine symbiontischen Algen gefunden, so daß dieser Vitaleffekt zur Erklärung erhöhter  $\delta^{13}\text{C}$  Werte wegfällt. Ob symbiontische Bakterien oder gefilterte Algen und Bakterien einen isotopischen Effekt verursachen, ist noch nicht geklärt. Außerdem scheint metabolisches  $\text{CO}_2$  keinen nennenswerten Einfluß auf die Mineralisation auszuüben.

Sehr wahrscheinlich ist, daß die Basalskelette im Equilibrium mit dem Meerwasser stehen und Vitaleffekte nur eine untergeordnete Rolle spielen. WEBER (1974) gibt für marine Karbonate, die im Equilibrium mit dem Meerwasser entstanden sind, einen Wert von  $+4,5 \delta^{13}\text{C}$  an. Dieser Wert ist vor allem gut mit den corallinen Demospongia korreliert. Als Erklärung dieses Effekts kann die Bildung der Basalskelette im Bereich der extrapinacodermalen und/oder extra-dermalen Zonen, die in der Regel nicht unmittelbar vom Organismus gesteuert werden, herangezogen werden. Die Basalskelette der corallinen Demospongia sind somit Bildungen einer weitgehenden Synvivo-Diagenese. Dieses Ergebnis ist vor allem bei der Form *Astrosclera willeyana* überraschend, deren primäre Skelettelemente intrazellulär gebildet werden. Allerdings sind die primären Elemente sehr klein und werden im weiteren Verlauf der Ontogenese durch frühdiagenetische (synvivo diagenetisch) Zementation zu einem massiven Skelett verschmolzen (REITNER 1987 b). Bei dieser Form werden die höchsten positiven  $\delta^{13}\text{C}$  Werte gemessen! Unklar ist bis jetzt, welche isotopischen Werte die frisch gebildeten sphärolitischen Elemente besitzen. Ein vergleichbares Phänomen wird auch bei den Kalk-Spiculae von *Petrobiona* beobachtet, die ebenfalls, im Gegensatz zu den Spiculae von *Leucetta*, sehr hohe

positive  $\delta^{13}\text{C}$  Werte besitzen. Allerdings werden die Kalkspiculae nicht intrazellulär s.str. gebildet (JONES 1970). Unterschiedliche Diffusionsphänomene der äußeren Zellmembranen in beiden Gruppen könnten diesen Effekt erklären. Dieses vorläufige Ergebnis erscheint deshalb wichtig, da beide Kalkschwämme zu unterschiedlichen Gruppen gehören. Möglicherweise sind die unterschiedlichen Isotopen-Werte ein taxonomisch verwertbares Merkmal.

Trotzdem die vorliegenden Daten bis jetzt nicht zu einer entgültigen Beurteilung des isotopischen Charakters der Basalskelette ausreichen, ist festzuhalten, daß die Basalskelette der corallinen Spongien isotopisch, mit Ausnahme von *Murrayona*, keine deutlichen Vitaleffekte zu zeigen scheinen. Insbesondere die Basalskelette der corallinen Demospongia stehen isotopisch offensichtlich im Equilibrium mit dem Meerwasser.

## 7. Bewertung der vorliegenden Ergebnisse.

Die corallinen Calcarea (= Pharetronida) stellen heute eine kleine Gruppe von Spongien dar, die weltweit verbreitet ist, allerdings mit einem Verbreitungsmaximum im Mittelmeer und im indopazifischen Ozean (VACELET 1970, 1981, 1989; REITNER 1989). Charakteristisches Merkmal der meisten sogenannten Pharetroniden sind die Stimmgabel-Triänen, ein spezieller Skleren-Typ. Rigide choanosomale Skelette oder Basalskelette sind bei den meisten dieser Schwämme vorhanden. Es gibt aber Formen mit Stimmgabeltriänen, die kein Basalskelett (mehr) besitzen, ansonsten sich nicht von ihren nahverwandten Basalskelett-tragenden Formen unterscheiden (z.B. *Paramurrayona corticata* VACELET). Stimmgabel-Triäne und Basalskelette treten also nicht bei allen diesen Formen gemeinsam auf. Die für die Taxa bestimmenden Synapomorphien finden sich in Besonderheiten der Zellen und in der Art der Larven. Die Minchinellida sind charakterisiert durch Amphiblastula Larven (nur bekannt bei *Plectroninia*) und die Zellkerne der Choanocyten liegen apikal. Weitere Synapomorphien sind diverse polyanguläre Triäne sowie bedornete Tetractinen und Diactinen. Larventyp, Zellkern-Lage und Sklerenmorphologie sind identisch mit der Unterklasse Calcaronea. Die Minchinellida sind im fossilen Bericht die häufigste Gruppe der Kalkschwämme und besitzen eine erheblich höhere Diver-

sität als heute. Die berühmten Vorkommen des Essener Grünsandes (Cenoman) und der Sponges-Gravels von Faringdon (Apt) zeigen eine enorme Diversität minchinellider *Calcarea* (WELTER 1910, HINDE 1883, 1893, REITNER 1987a, u.a.).

Die Murrayonida besitzen ebenfalls Stimmgabel-Triäne. Ein Basalskelett wird nur bei der Typus-Gattung *Murrayona* beobachtet. Im Unterschied zu den Minchinellida besitzen die Murrayonida eine Coeloblastula-Larve und einen basalen Choanocyten-Nucleus. Diese Merkmale stellen Synapomorphien zu den *Calcinea* dar, ebenso die geringere Diversität der Skleren.

Im fossilen Bericht sind nur wenige unsichere Vertreter der Murrayonida bekannt. Vermutlich stellt ein Teil der permischen und triassischen "Inozoa" Murrayonida dar.

Stimmgabeltriäne stellen vermutlich plesiomorphe Merkmale innerhalb der *Calcarea* dar, Basalskelette sind lediglich Plesiomorphien der einzelnen Kladen. Entsprechend zeigen die verschiedenen Basalskelette unterschiedliche Charakteristika. Die Basalskelette innerhalb der Minchinellida sind weitgehend ähnlich gebaut und zeigen übereinstimmende geochemische Parameter. Dies gilt auch für *Petrobiona massiliana*, einem minchinelliden Pharetroniden, der endemisch im östlichen Bereich des Golf von Lion vorkommt, und als einziger Kalkschwamm Pseudogemmulae bildet (VACELET 1989b-Woodshole). Die spezielle Struktur des Basalskeletts ist funktionell an das choanosomale Röhrensystem der Pseudogemmulae gebunden. Dieser Schwamm besitzt somit eine typische chaetetide Organisation des Weichkörpers (REITNER 1987a). Alle übrigen Basalskelett-tragenden minchinelliden *Calcarea* besitzen einen Bau der an die "Lithistida" erinnert (stromatoporoide Organisation des Weichkörpers). Das primäre Sklerenskelett unterscheidet sich chemisch und isotopisch nur unwesentlich. Die Ursache für dieses Phänomen liegt vermutlich in der extra-zellulären Bildung der Kalkspiculae (JONES 1970) und der extra-pinacodermalen/dermalen Bildung der Basalskelette. In beiden Fällen kommt es nur zu einer unwesentlichen Fraktionierung von Spurenelementen und stabilen Isotopen.

Das Basalskelett von *Murrayona phanolepis* KIRKPATRICK unterscheidet sich grundlegend von denen der Minchinellida. Während bei den Minchinellida das primäre Skleren-Gerüst die Struktur des rigiden Skeletts bestimmt, sind Skleren bei *Murrayona* nur untergeordnet am Aufbau des Basalskeletts be-

teiligt und stellen, wenn überhaupt vorhanden, Fremdkörper dar. Das Basalskelett ist aspikulär, allerdings aufgebaut aus primären "Sklerodermiten", wie sie auch bei den Minchinellida beobachtet werden, besonders bei *Petrobiona*. Geochemisch und isotonenchemisch gleicht das Basalskelett dem Skleren-Skelett von *Leucetta*. Es liegt der Schluß nahe, daß die chemischen Parameter charakteristisch für die *Calcinea* sind. Auffällig sind die isotonenchemischen Übereinstimmungen zwischen dem Basalskelett und den Skleren von *Leucetta*. Die  $\delta^{13}\text{C}$  und  $\delta^{18}\text{O}$  Werte sind extrem negativ, so daß in diesem Fall ein erheblicher Vitaleffekt angenommen werden muß, der bei den minchinelliden Pharetroniden nicht beobachtet wird. Allerdings ist die augenblickliche Datenbasis zu gering, um sichere Aussagen machen zu können.

## 8. Ergebnisse

Die Basalskelette der Minchinellida und der Murrayonida sind nicht miteinander vergleichbar, sie sind zweimal entstanden und somit konvergent. Aufbau, Struktur und chemische Parameter sind unterschiedlich und lassen sich jeweils den entsprechenden nicht rigiden verwandten Kalkschwämmen zuordnen. Nur die Stimmgabeltriäne stellen eine echte Plesiomorphie beider Gruppen der Kalkschwämme dar.

## 9. Dank

Mein besonderer Dank gilt Prof. Dr. J. VACELET (Marseille), Dr. R. van SOEST (Amsterdam), Dipl. Biol. F. GROTHE (Berlin) und Frau S. STONE (BMNH, London) für die Aufsammlung und Überlassung von Proben, sowie der großzügigen Nutzung ihrer Sammlungen und Museumseinrichtungen. Weiter gilt mein herzlichster Dank Herrn Prof. J. HOEFS (Göttingen) für die Durchführung der Isotopenanalysen und Herrn Prof. Dr. A. WILLGALLIS für die Mikrosondenanalysen. Die Deutsche Forschungsgemeinschaft finanzierte diese Arbeit im Rahmen des Forschungsprogramms Re 665/1-1.

## 10. Literatur

- CUIF, J.P., DEBRENNE, F., LAFUSTE, J.G. & VACELET, J. (1979): Comparison de la microstructure du squelette carbonate non spiculaire d'éponges actuelles et fossiles.- Coll. internat. CNRS, **291**, 459-465; Paris
- EREZ, J. (1978): Vital effect on stable-isotope composition seen in foraminifera and coral skeletons.- *Nature*, **273**, 199-202; London
- HINDE, G.J. (1883): Catalogue of the fossil sponges in the Geological Department of the British Museum (Natural History) with descriptions of new and little known species.- 248 S., London (Brit.Mus)
- HINDE, G.J. (1893): A Monograph of the British fossil Sponges. Part III. Sponges of the Jurassic Strata.- *Palaeontogr.Soc.*, **1893**, 189-254; London
- HUDSON, J.D. (1977): Stable isotopes and limestone lithification.- *Jl.geol.Soc.London*, **133**, London
- JONES, W.C. (1970): The composition, development, form and orientation of calcareous sponges spicules. In: FRY, W.G. (ed.) *The Biology of the Porifera*, *Sym.Zool.Soc.London*, **25**, 91-123, London, Academic Press
- JONES, W.C. & JENKINS, D.A. (1970): Calcareous sponge spicules: A study of magnesium calcites.- *Calc.Tiss.Res.*, **4**, 314-329; Berlin
- JUX, U. (1984):  $C^{13}/C^{12}$ - und  $O^{18}/O^{16}$ -Verhältnisse in Skelettkarbonaten von Riffbildnern der Rotes Meeres.- *Mitt.Geol.Paläont.Inst.Univ. Hamburg*, **56**, 143-156; Hamburg
- KIRKPATRICK, R. (1908): On two new genera of Recent Pharetronid Sponges.- *Ann.Mag.nat. Hist.*, **8**, 503-514; London
- KIRKPATRICK, R. (1910): On a remarkable Pharetronid Sponge from Christmas Island.- *Proc.Roy.Soc.*, **83**, 124-133; London
- LEDGER, P.W. (1976): Aspects of the secretion and structure of calcareous sponge spicules. Ph.D. Thesis, Univ.of Wales
- LEDGER, P.W. & FRANC, S. (1978): Calcification of the Collagenous Axial Skeleton of *Veretillum cynomorium* Pall. (Cnidaria: Pennatulacea).- *Cell Tiss.Res.*, **192**, 249-266; Berlin
- MÖHN, E. (1984): System und Phylogenie der Lebewesen.- Bd.1 Physikalische, chemische und biologische Evolution, Prokaryota, Eukaryota (bis Ctenophora), 884 S.; Stuttgart (Schweizerbart).
- NEUGEBAUER, J. (1978): Micritisation of crinoids by diagenetic dissolution.- *Sedimentology*, **25**, 267-283; London
- REITNER, J. (1987a): Phylogenie und Konvergenzen bei rezenten und fossilen Calcarea (Porifera) mit einem kalkigen Basalskelett ("Inozoa", "Pharetronida").- *Berliner geowiss.Abh. (A)*, **86**, 87-125; Berlin
- REITNER, J. (1987b): *Euzkadiella erenoensis* n.gen.n.sp. ein Stromatopore mit spikulärem Skelett aus dem Oberapt von Ereño (Prov. Guipuzcoa, Nordspanien) und die systematische Stellung der Stromatoporen.- *Paläont. Z.*, **61**, 203-222; Stuttgart
- REITNER, J. (1989): The paleoecological and paleobiogeographical significance of some Lower and Middle Cretaceous coralline sponges in "boreal" and Tethyan shallow marine environments. In: WIEDMANN, J. (ed.) *Proc. 3rd Internat. Cretaceous Symp. Tübingen 1987* (im Druck)
- VACELET, J. (1964): Etude monographique de l'Eponge Calcaire Pharetronide de Méditerranée, *Petrobiona massiliana* VACELET & LEVI. Les Pharetonides actuelles et fossiles.- *Recl.Trav.Station mar.Endoume*, **50**, 1-125; Marseille
- VACELET, J. (1967): Descriptions d'éponges pharétronides actuelles des tunnels obscures sous-récifaux de Tuléar (Madagascar).- *Recl. Trav.Stn. mar.Endoume, Suppl.*, **6**, 37-62. Marseille
- VACELET, J. (1970): Les éponges pharétronides actuelles. In: FRY, W.G. (ed.) *The Biology of the Porifera*.- *Symp.Zool.Soc.London*, **25**, 189-204; London (Academic Press)
- VACELET, J. (1977a): Éponges pharétronides actuelles et sclérosponges de polynésie française, de Madagascar et de la Réunion.- *Bull.Mus. Nat.Hist.Natur. (Paris)*, 3rd Ser., **444** (Zool.307): 345-368; Paris
- VACELET, J. (1977b): Une nouvelle relique du secondaire: Une représentant actuel des éponges fossiles Sphinctozoaires.- *C.R.Acad Sci.*, **285**, 509-511; Paris
- VACELET, J. (1981): Éponges hypercalcifée ("Pharétronides", "Sclérosponges") des cavités des récifs coralliens de Nouvelle-Calédonie.-

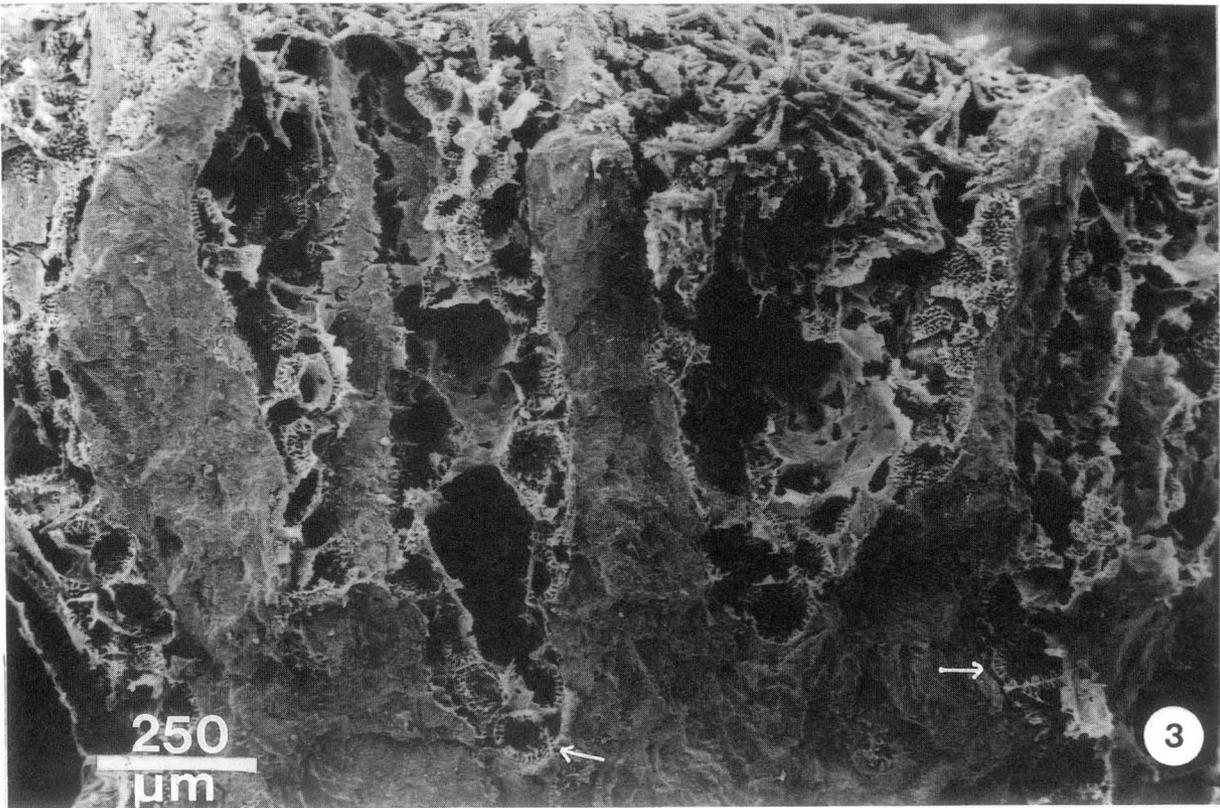
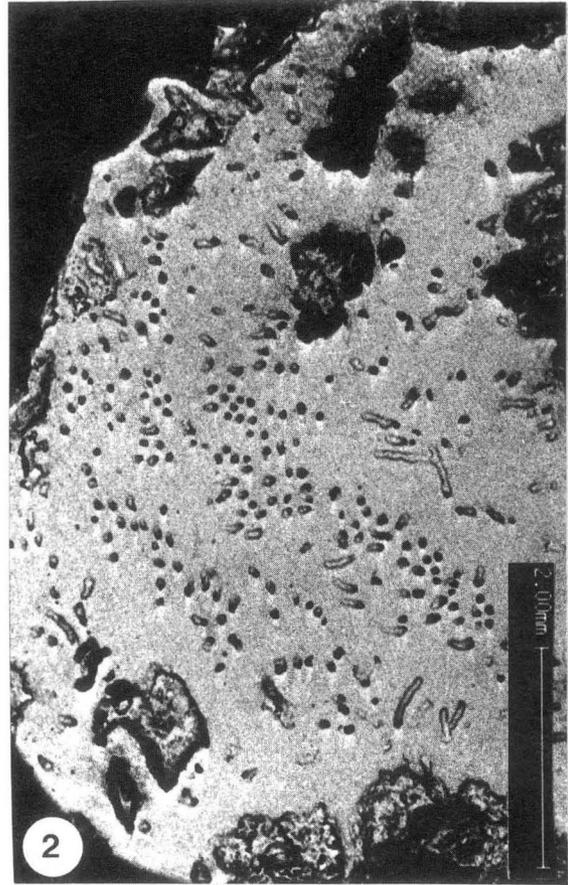
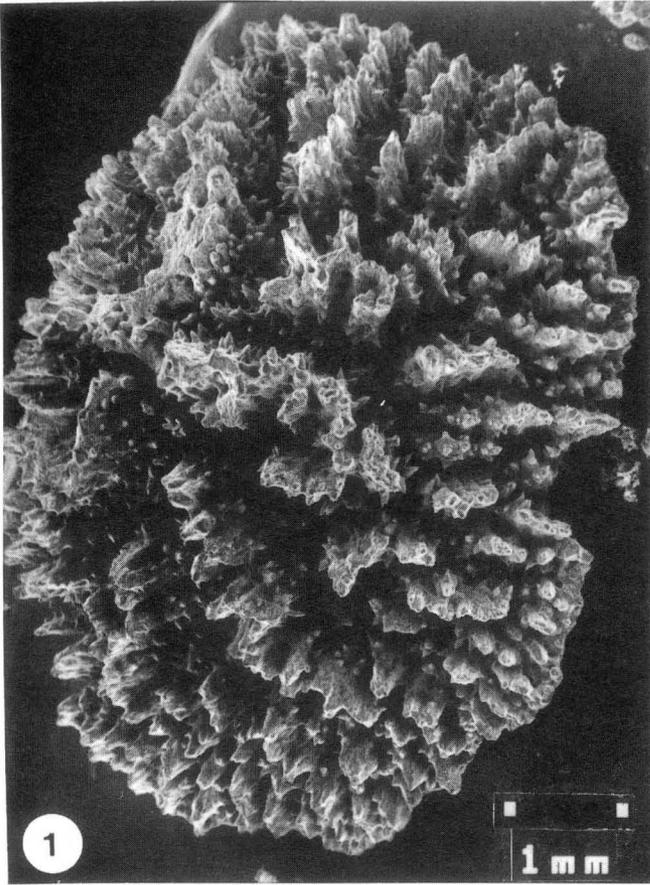
- Bull. Mus. Nat. Hist. Natur., Paris (4.Ser.,  
Sekt.A.,Nr.2), 3, 313-351; Paris
- VACELET, J. (1989a): The Recent Calcareous sponges with a reinforced skeleton ("Pharetronid" sponges). In: REITNER, J.& KEUPP (eds.) Proc. 1th internat.Conf. Fossil & Recent Sponges; Berlin (Springer) (im Druck)
- VACELET, J (1989b): The storage cells of calcified relict sponges. In: RÜTZLER, K. (ed.), Proc.3rd internat. Conf. Sponge Biology; Smithsonian Inst.Press, Washington (im Druck)
- VEIZER, J. (1974): Chemical diagenesis of belemnite shells and possible consequences for paleotemperature determinations.-N. Jb. Geol. Paläont. Abh., 147, 91-111; Stuttgart
- WEBER J.N. (1974):  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  ratios as natural isotopic tracers elucidating calcification processes in reef-building and non-reef building corals.-Proc.Sec.Internat.Coral Reef Symp. 2.Great Barrier Reef Committee, Brisbane, 289-298; Brisbane
- WELTER, O.A. (1910): Die Pharetroniden aus dem Essener Grünsand.- Verh.Naturhist.Ver.Rheinlande u. Westfalens, 67, 82 S.
- WENDT J. (1979): Development of skeletal formation, microstructure, and mineralogy of rigid calcareous sponges from the late Palaeozoic to Recent.- Coll.Internat. CNRS, 291, 449-457; Paris

## Tafel 1

Fig.1 *Petrobiona massiliana* VACELET & LEVI 1958. Übersicht über ein gewebefreies Exemplar aus einer submarinen Höhle nahe Marseille aus 15 m Wassertiefe (gilt für alle Bilder von *Petrobiona*) (Rasterelektronenmikroskopische(REM) Bilder, Fig.1-3)

Fig.2 Horizontalschnitt durch *Petrobiona*. Back Scatter REM-Aufnahme. Das Bild zeigt deutlich die internen Kanäle ("Trabekel-Kanäle" sensu VACELET 1964). In diesen röhrenförmigen Ausstülpungen des Choanosoms finden sich Archaeocyten (Pseudogemmulae)

Fig.3 Vertikal-Bruch von *Petrobiona*; Critical Point getrocknetes Exemplar. Deutlich sichtbar die Choanocyten-Kammern (Pfeil).



## Tafel 2

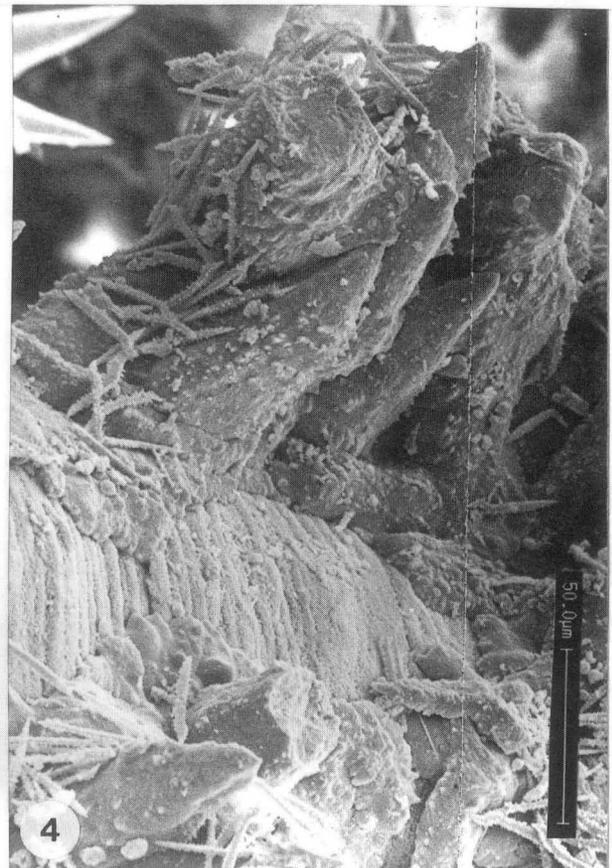
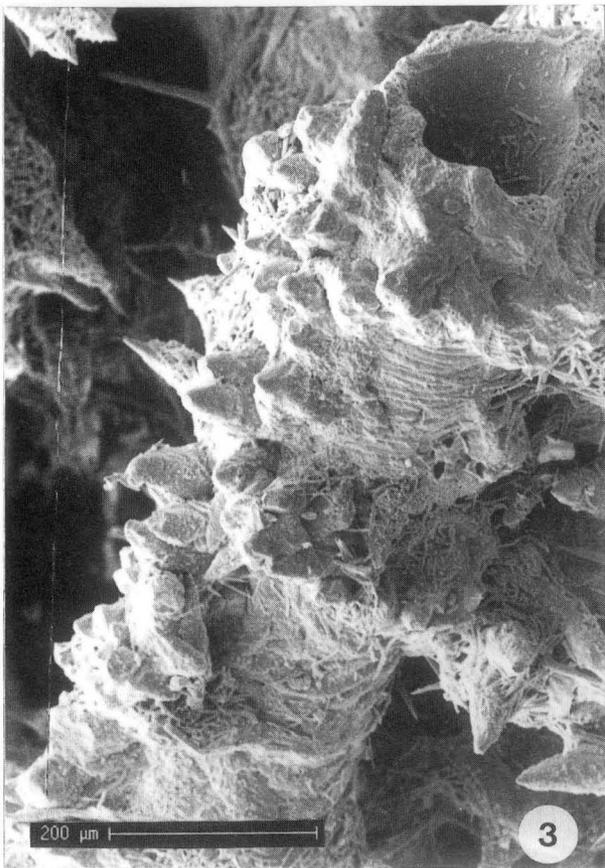
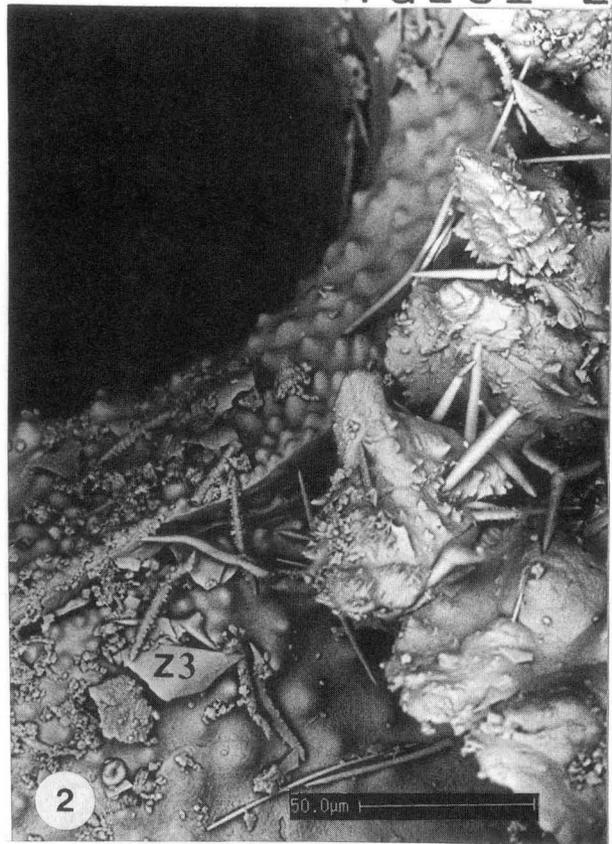
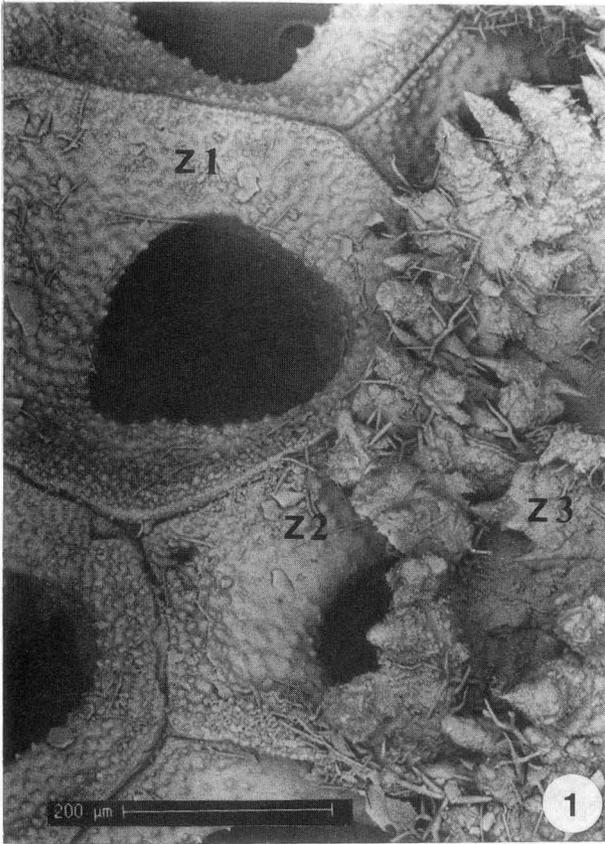
Fig.1 *Petrobiona* überwächst eine Bryozoe. Zone 1 mit freien Skleren, Zone 2 mit ersten Zementen, Zone 3 reifes Basalskelett.

Back Scatter REM-Bild.

Fig.2 Detailaufnahme von Fig.1. Detail von Zone 2 und Zone 3. (REM-Bild)

Fig.3 *Petrobiona* überwächst eine Serpelröhre. Deutlich sichtbar die pyramidenförmigen Strukturen, die diagenetisch veränderte Spiculae und primäre Zemente ("Sclerodermiten") darstellen. REM-Bild

Fig.4 Detailaufnahme von Fig.3. Die pyramidenförmigen Basalskelettstrukturen sitzen auf den primären Zementfladen auf. REM-Bild



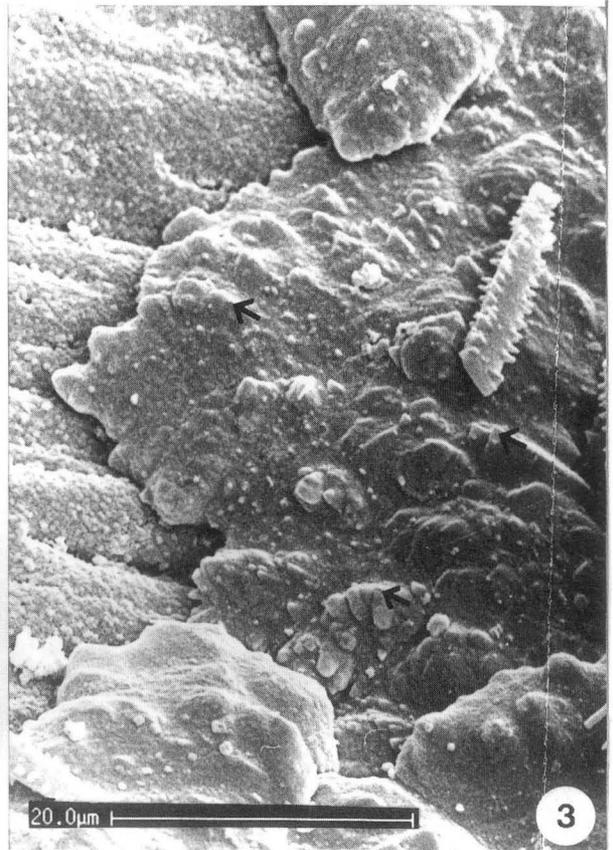
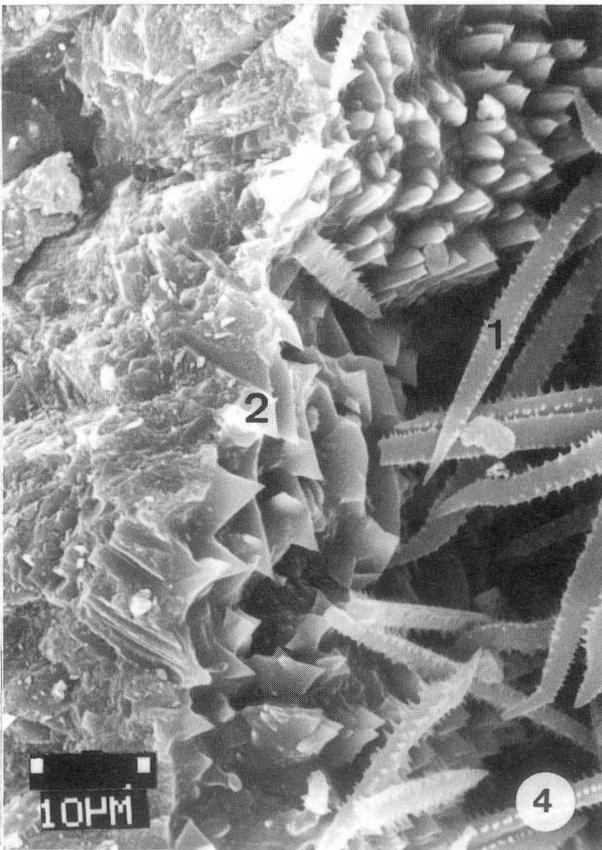
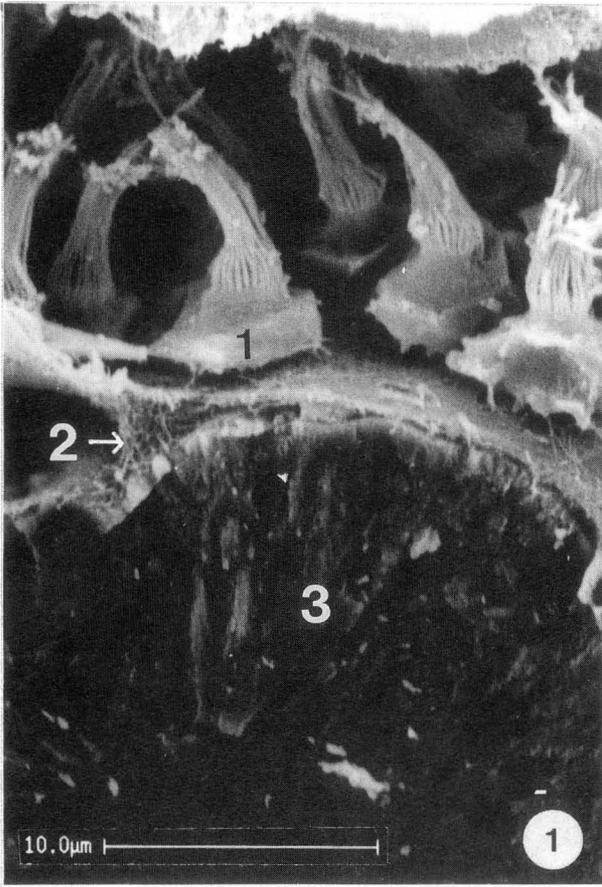
### Tafel 3

Fig.1 Critical Point getrocknetes Exemplar von *Petrobiona*. 1. Choanocyten, 2 Extra-pinacodermale Zone, 3 Basalskelett. REM-Bild

Fig.2 Primäre Zementfladen auf einer Serpelröhre. Die Zementfladen zeichnen den extra-pinacodermalen Raum nach. Sie stellen das initiale Basalskelett dar. REM-Bild

Fig.3 Detailaufnahme von Fig.2. Deutlich sichtbar sind erste epitaktische Aufwüchse mit C-Achsen Präferenz (Peile).

Fig.4 Interne Basalskelettröhre, in denen sich modifizierte Archaeocyten befinden können. Kleine acanthose Diactine sind hier angereichert (1). Deutlich erkennbar ist ein kurzfasriger epitaktischer Mg Kalzit Zement, der synvivo gebildet wird (2). REM-Bild.



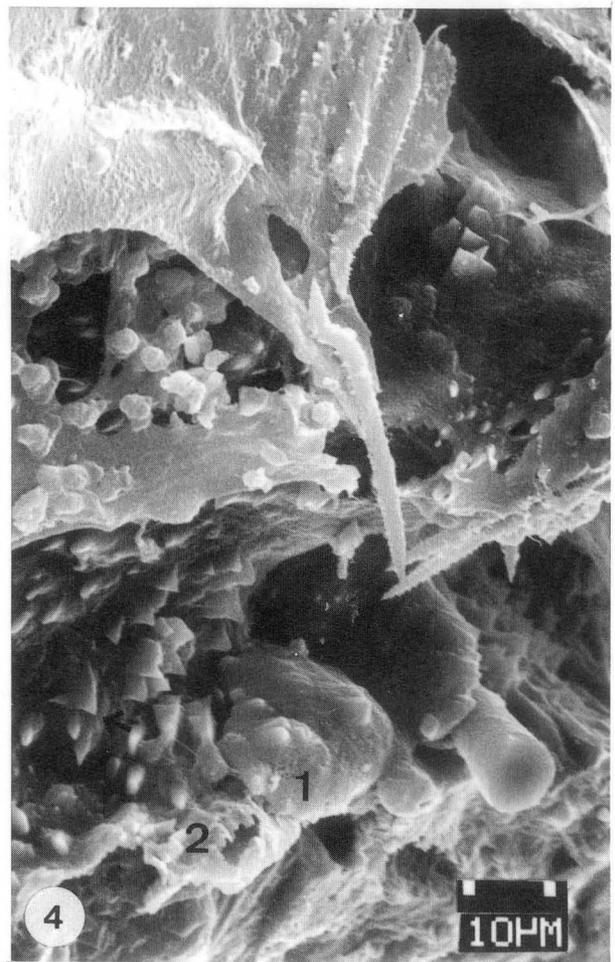
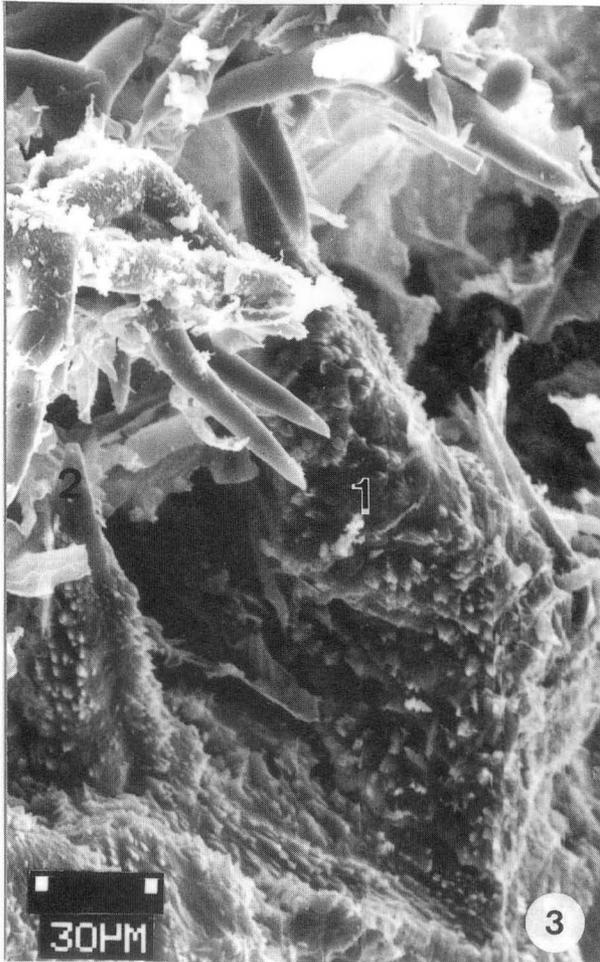
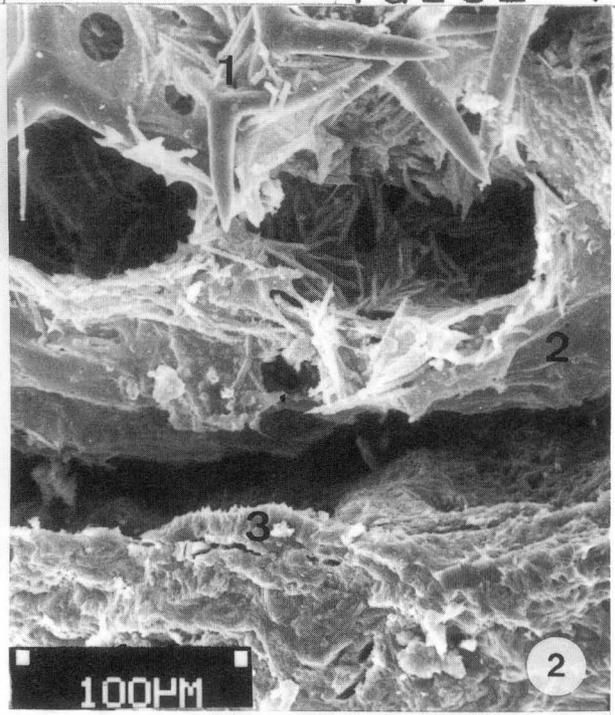
## Tafel 4

Fig.1 Getrocknetes Exemplar von *Petrobiona*. Dabei wird der extra-pinacodermale Raum stark vergrößert und so mit deutlich sichtbar. Pinacoderm (1), primäre Zementfladen (2). REM Bild.

Fig.2 Getrocknetes Exemplar von *Petrobiona* mit Blick in den erweiterten extra-pinacodermalen Raum. Spiculae des Choanosoms (1), Pinacoderm (2), primäre Zementfladen (3)

Fig.3 Weiterer Ausschnitt des Individuums von Fig.2. Deutlich sichtbar diagenetisch veränderte Skleren mit deutlichen epitaktischen Überwuchs (1). Die distalen Enden der pyramidenförmigen Strukturen sind glatt und befanden sich ursprünglich noch im Gewebe (2).

Fig.4 Weiteres Ausschnitt von Fig.2. Deutlich sichtbar ein neu gebildetes primäres fladenförmiges Skelettelement (1) mit Resten des organischen Gewebes (2) und beginnende epitaktische Zemente auf älteren Fladen (Pfeil).



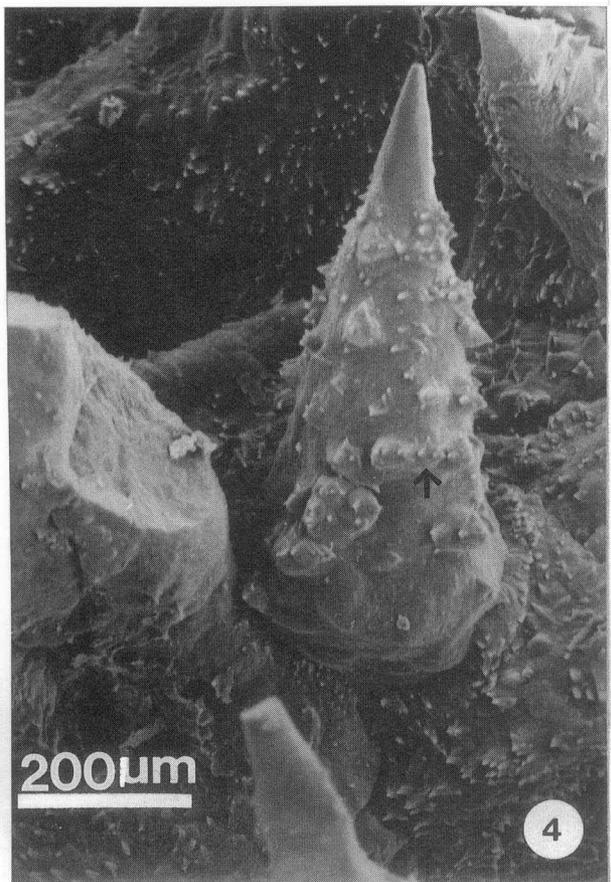
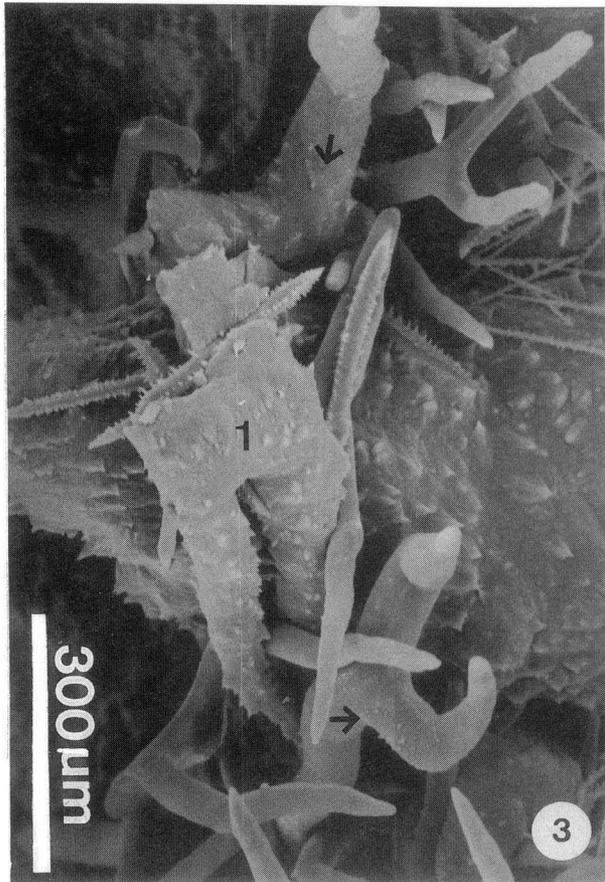
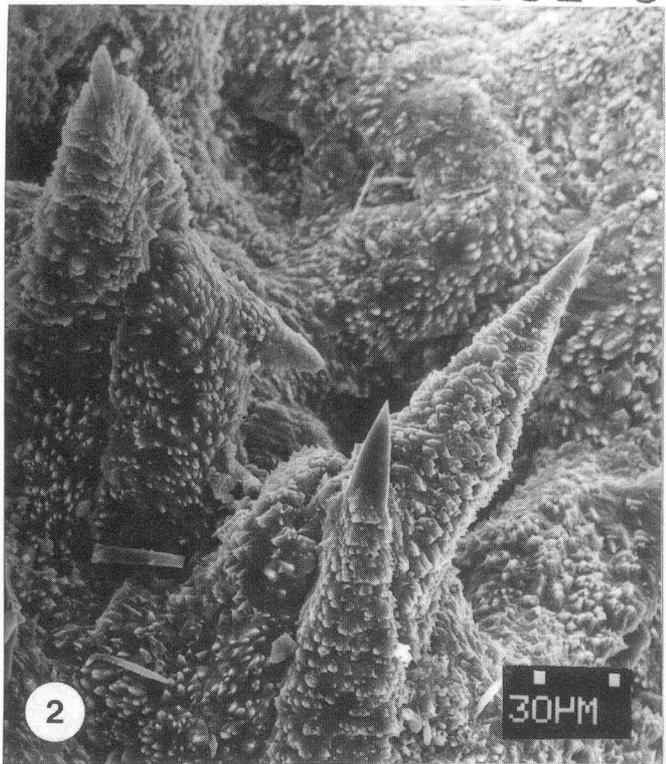
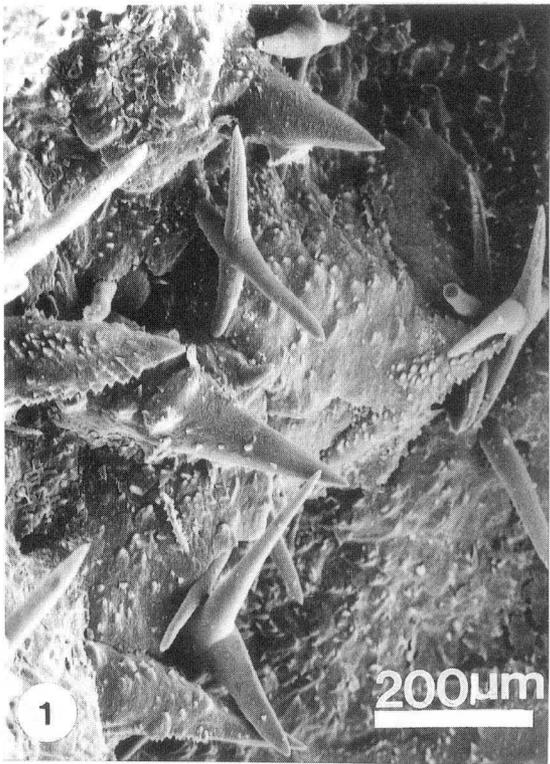
## Tafel 5

Fig.1 Ontogenetisch reifes Basalskelett von *Petrobiona* der Zone 1. Einzelne Spiculae werden durch synvivo-Zementation in das bereits veränderte Basalskelett integriert. (Fig.1-4 REM-Bilder)

Fig.2 Diagenetisch veränderte Spiculae in Zone 1 von *Petrobiona* mit deutlichen epitaktischen Aufwuchs. Die distalen Enden der großen Skleren sind glatt (vgl.Tafel 4, Fig.3)

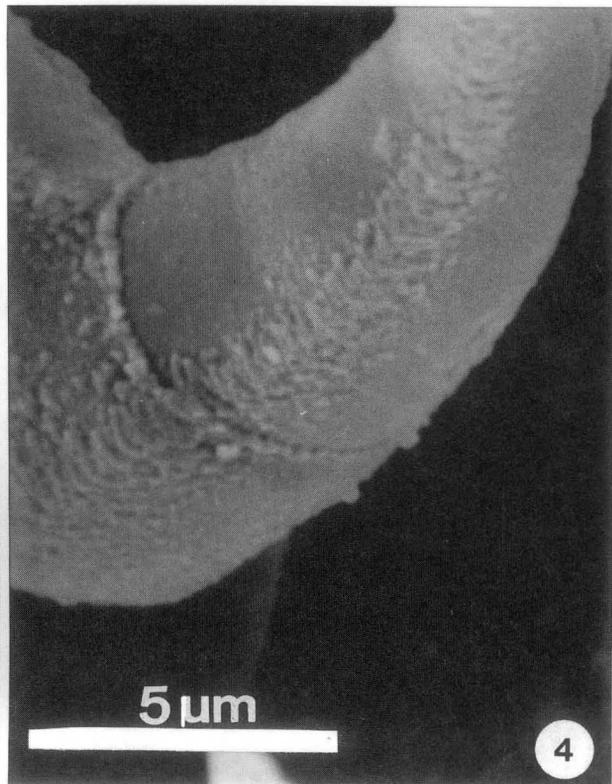
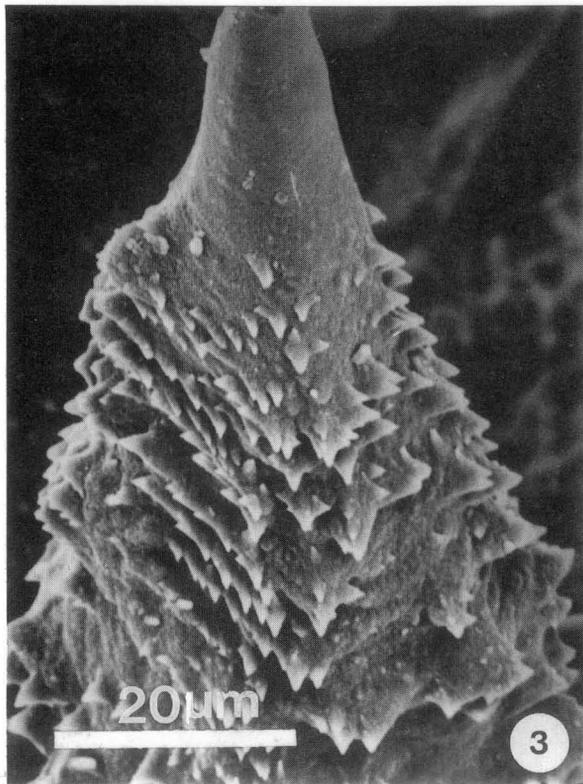
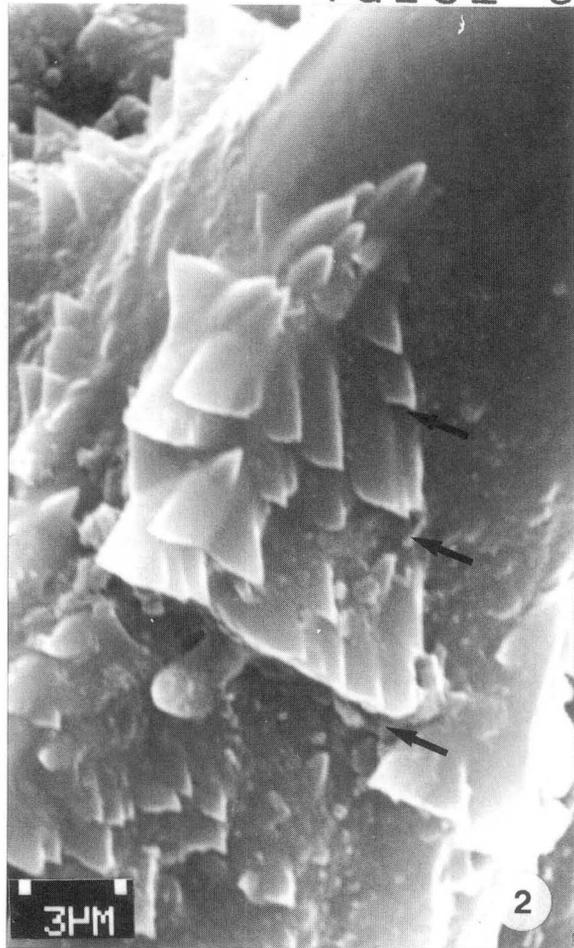
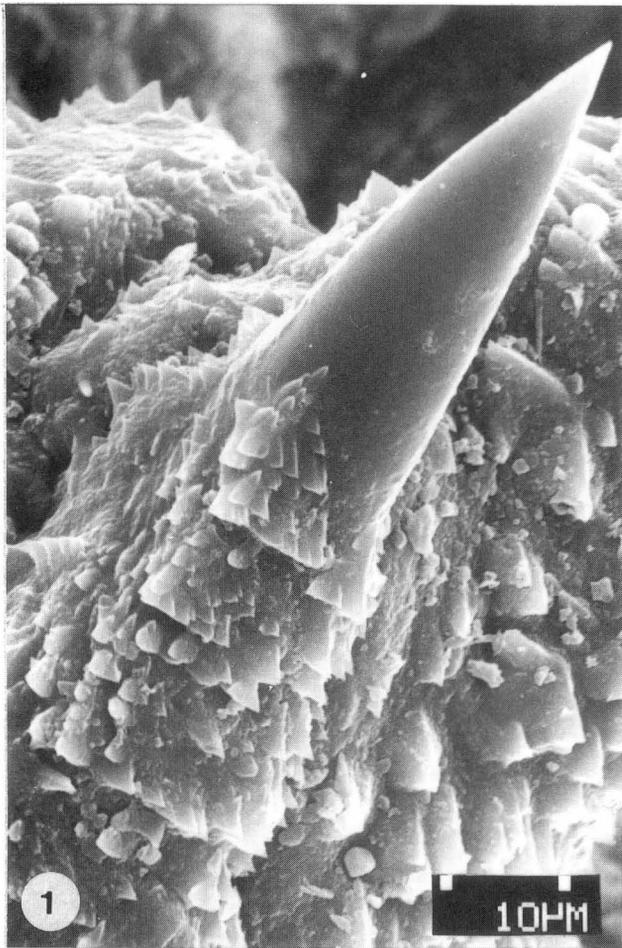
Fig.3 In das Basalskelett von *Petrobiona* eingefangene Spiculae mit unterschiedlichen Stadien der epitaktischen Aufwüchse (Pfeile). Noch deutlich erkennbar ist die Form einer Stimmgabeltriäne (1).

Fig.4 Diagenetisch veränderte Sklere von *Petrobiona* mit deutlichen epitaktischen Zementen, die in Richtung der C-Achsen wachsen (Pfeil)



## Tafel 6

- Fig.1 Eingefangene große Triäne von *Petrobiona* mit epitaktischen Parkett-Kristallen, die ein dendritisches Kristallwachstum darstellen. Es kommt zu einer Ausbildung von 4 Kristallkanten (Rhomboder-Struktur). (Fig.1-4 REM Bilder)
- Fig.2 Detailaufnahme von Fig.1. Die Kristallspitzen zeigen in Richtung der C-Achsen. Angedeutet sind die Rhomboderflächen (Pfeile).
- Fig.3 Die Rhomboderkanten der diagentisch veränderten Sklere von *Petrobiona* sind hier deutlich ausgeprägt, neben dem C-Achsen Wachstum der Mg-Kalzit Kristalle.
- Fig.4 Initiales Stadium des epitaktischen Aufwuchses auf einer Sklere von *Petrobiona* in Zone 1.



## Tafel 7

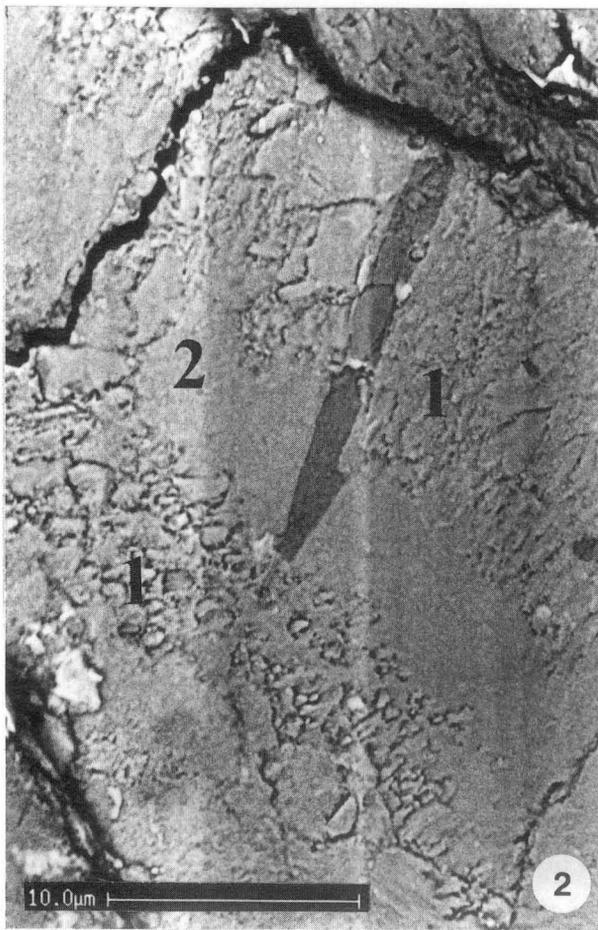
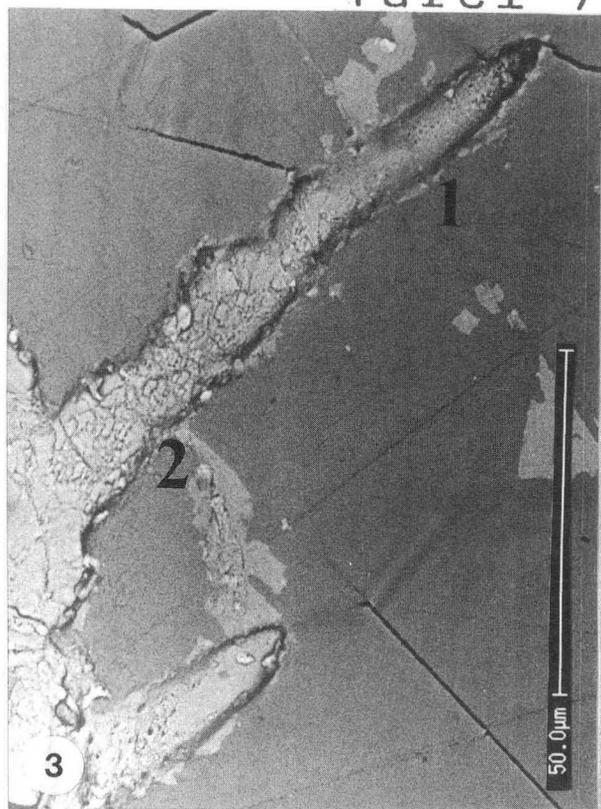
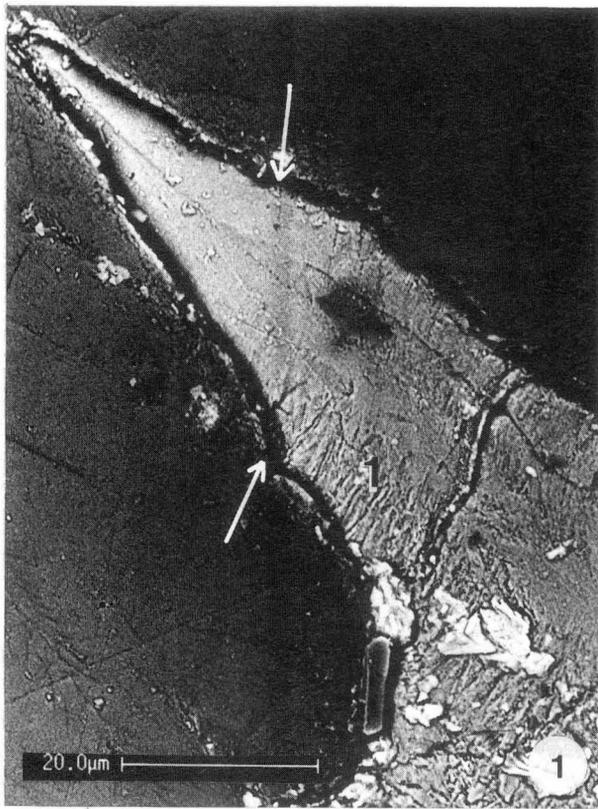
Fig.1 Aufnahme einer polierten Probe von *Petrobiona* im Bereich von Zone 1 mit Hilfe der Back Scatter Methode (gilt auch für die restlichen Abbildungen dieser Tafel).

Gut sichtbar ist die interne Struktur einer veränderten Sklere. Das distale Ende zeigt noch keine grundlegenden neomorphen Phänomene. Die interne Struktur ändert sich erst nach einer deutlichen Grenze (Pfeile). Diese Markierung ist die Pinacoderm/extra-pinacodermaler Raum Grenze. Die interne Struktur wird ab dieser Grenze umgewandelt. Durch die beginnenden Zementation-Prozesse (1) wird auch die monokristalline Struktur der Sklere aufgelöst und in polykristalline Strukturen umgewandelt (s.Fig.2)

Fig.2 Detailaufnahme von Fig.1. Dieser Ausschnitt zeigt die Neomorphose eines Kalzit-Spicula und die Umwandlung in eine prismatische Struktur (1). Die monokristalline Struktur der Sklere ist im Zentrum noch erkennbar (2)

Fig.3 Sklere aus Zone 1 von *Petrobiona*, deren apikales Ende noch die typische Einkristallstruktur zeigt (1). Der restliche Teil ist bereits in ein granulares polykristallines Gefüge umgewandelt (2).

Fig.4 Ausschnitt aus Zone 2 des Basalskeletts von *Petrobiona*. Deutlich erkennbar ist die Struktur eines Pseudosphärolitkörpers mit interner Reliktstruktur eine Sklere (1). Im benachbarten Sphärolit ist die Sklere noch weitgehend erhalten. Gut erkennbar sind die Rhomboder- Spaltflächen (2).



## Tafel 8

Fig.1 Erhaltene Skleren in Zone 2 des Basalskeletts von *Petrobiona*. Die Skleren zeigen keine neomorphen Veränderung. Vermutlich verhindern noch vorhandene organische Hüllen eine rasche Neomorphose. REM-Bild

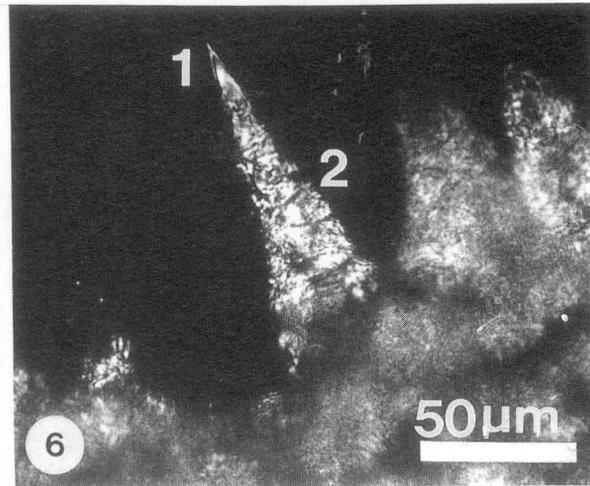
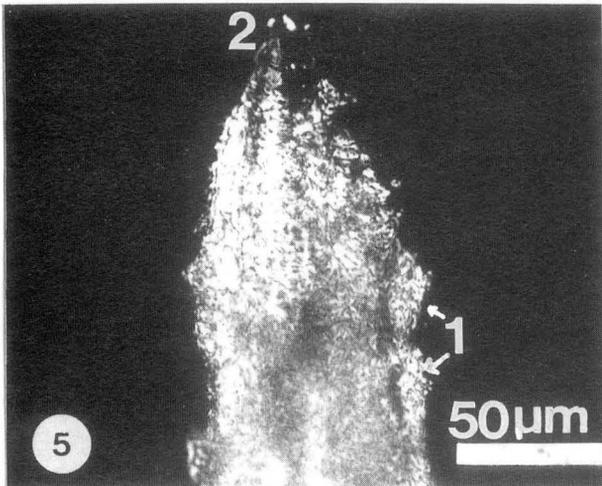
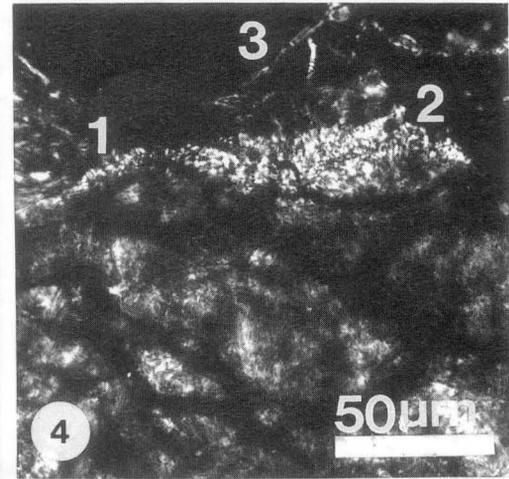
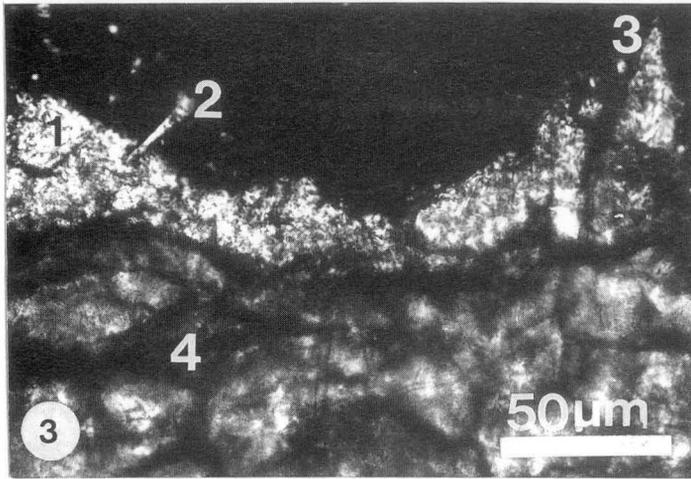
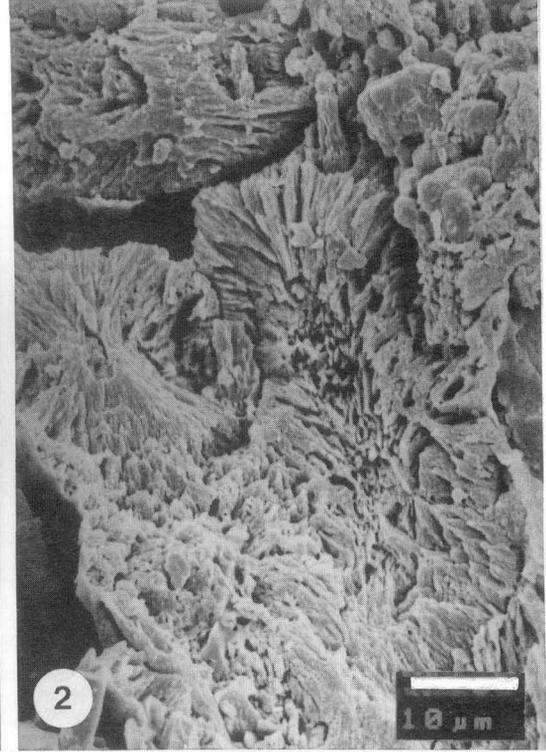
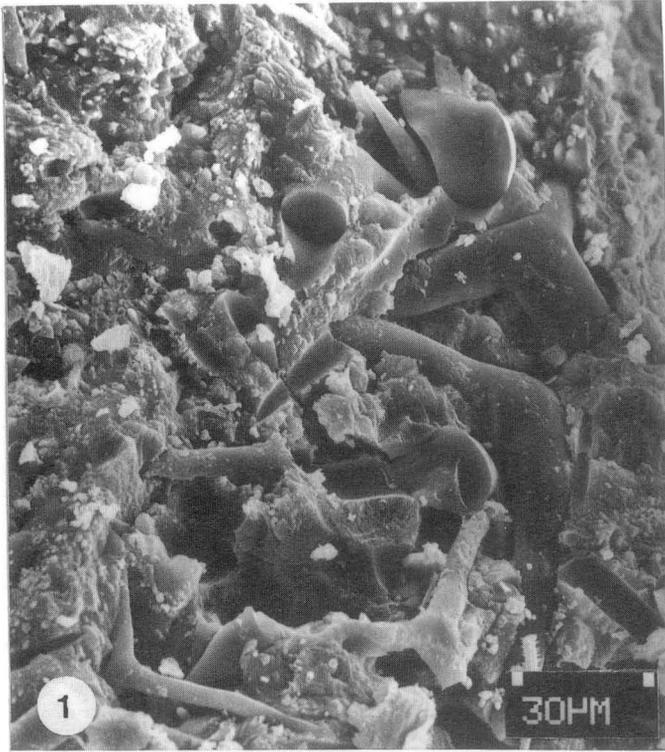
Fig.2 Sphärolit-Strukturen aus Zone 3 des Basalskeletts von *Petrobiona*. In dieser Zone werden in den Sphärolitkernen keine Reliktstrukturen mehr beobachtet. REM-Bild

Fig.3 Lichtmikroskopische Aufnahme von *Petrobiona* unter gekreuzten Nicols (gilt auch für Fig.4-6). Die neugebildeten linsenförmigen primären Basalskelettelemente zeigen noch die typischen Anisotropie-Effekte (1). Weiter sichtbar eine eingefangene Sklere (2), eine diagenetisch veränderte Sklere (3) und das diagenetisch reife Basalskelett mit deutlichen Isotropie-Effekten (4).

Fig.4 Einzelner neugebildeter Kristallfladen. Erkennbar ist die unterschiedliche Ablösung des Pinacoderm, der linke Bereich ist deutlich dünner (1) als der rechte (2). Choansomal-Sklere (3).

Fig.5 Diagenetisch verändertes Sklerenbündel mit einigen neugebildeten Zementfladen (1). Die distalen Sklerenspitzen zeigen noch die Einkristallstruktur (2).

Fig.6 Einzelne große Sklere, die im Durchlicht die charakteristischen Merkmale zeigt: eine monokristalline Spitze (1) und eine polykristalline zentrale Struktur (2).



## Tafel 9

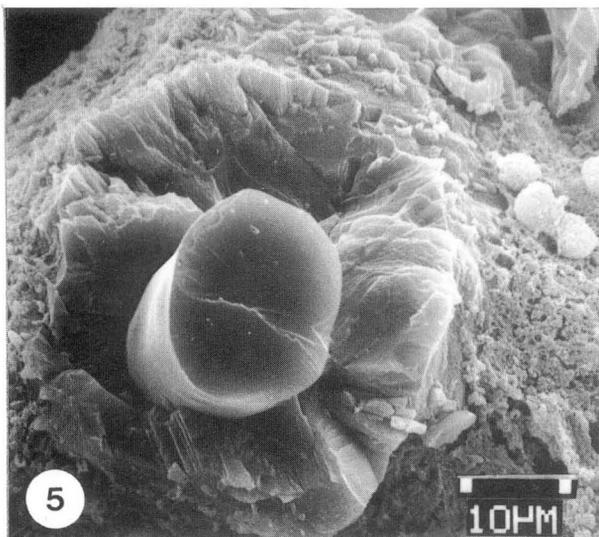
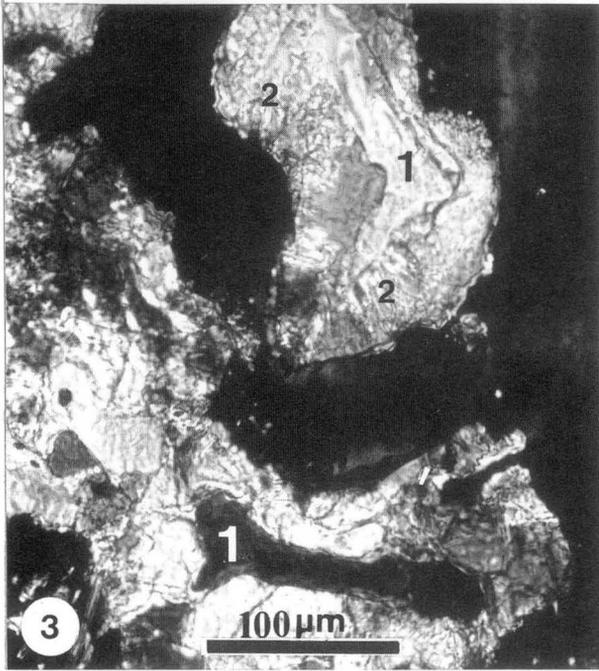
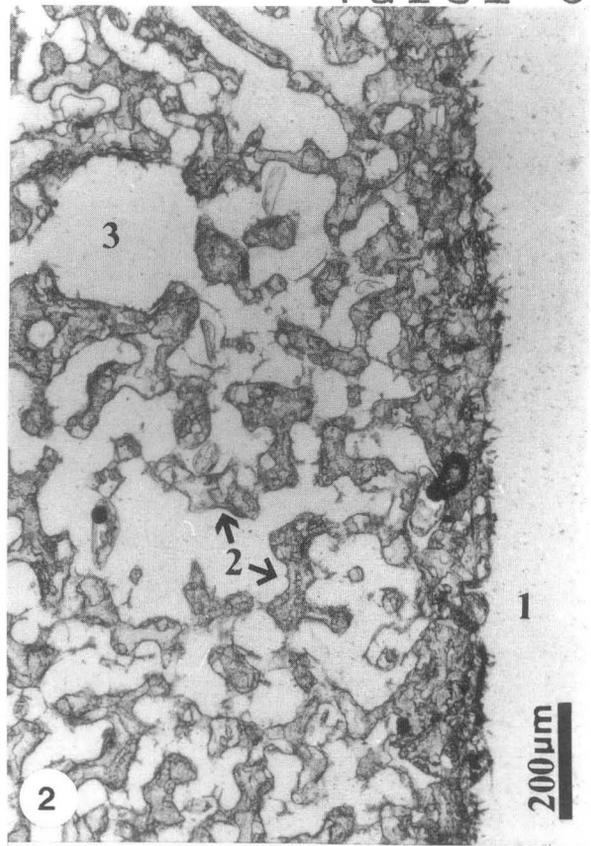
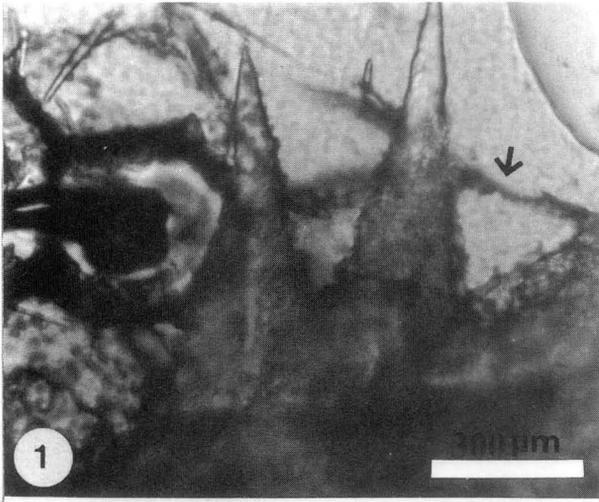
Fig.1 Diagenetisch veränderte Spiculae von *Petrobiona* mit Pinacoderm (Pfeil). Überhalb des Pinacoderm ist die ursprüngliche Struktur der Spiculae noch erhalten. Lichtmikroskopisches Bild.

Fig.2 Vertikalschnitt durch den oberen Teil des Basalskelett von *Minchinella lamellosa* KIRKPATRICK, Neue Hebriden (British Museum Nat.Hist Nr. 25.11.1.75; gilt für alle Abbildung von *Minchinella*). Deutlich sichtbar die Dermallage (1), der zentrale Basalskelettabschnitt (2) mit Oskularporen (3). Lichtmikroskopisches Bild

Fig.3 Ausschnitt von Fig.2. Unter gekreuzten Nicols sind deutlich die monokristallinen Spiculae (1) und die prismatischen Mg-Kalzit Zemente erkennbar (2).

Fig.4 Kontaktpunkt von zwei großen tetractinen Choanosomalsklern von *Minchinella*, die verbunden sind durch einen Zement, der deutlich C-Achsen orientierte epitaktische Zemente zeigt (Pfeile). REM-Bild

Fig.5 Choanosomale Sklere des Basalskeletts von *Minchinella* vollständig ummantelt von einem Zement. Die ursprüngliche prismatische Struktur des Zements ist bereits umgewandelt in einen blockigen Mg-Kalzit.



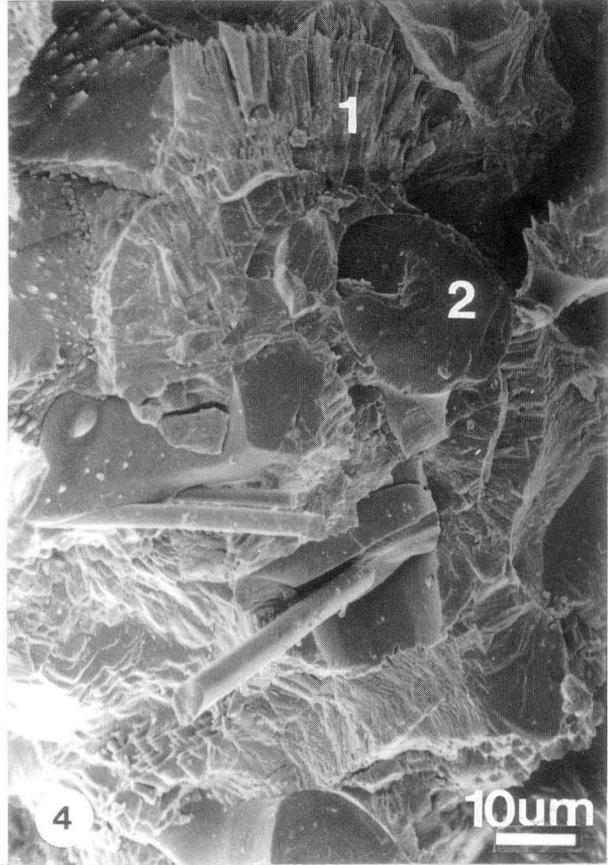
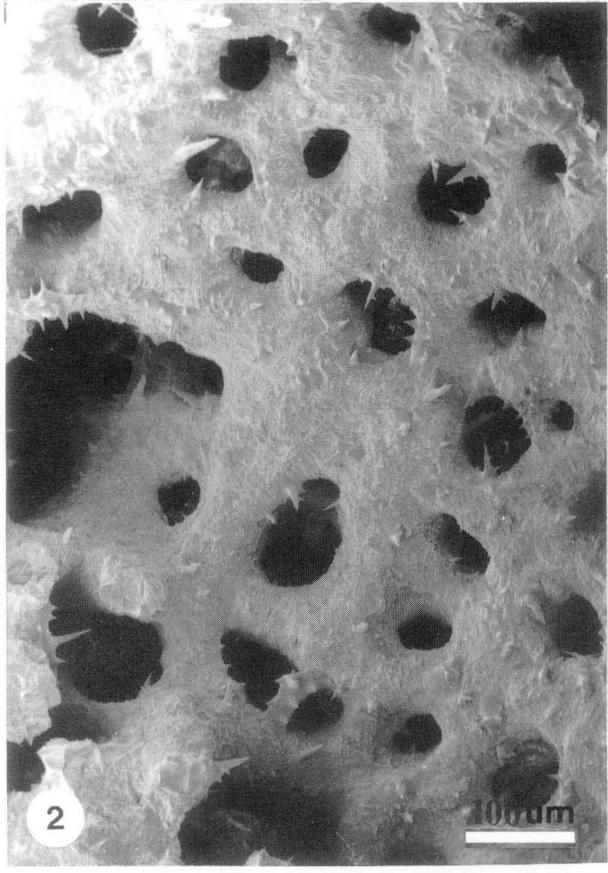
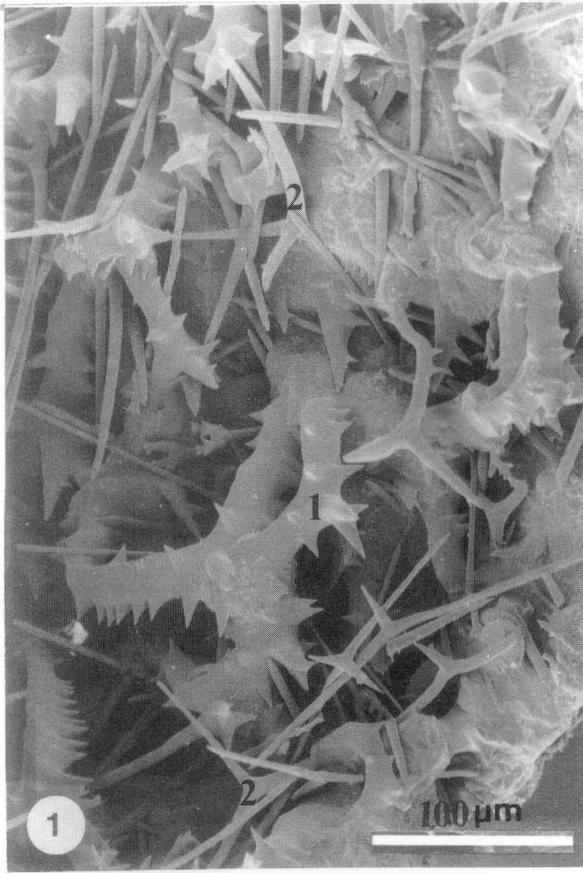
## Tafel 10

Fig.1 Ontogenetisch jüngerer Abschnitt des choanosomalen Basalskeletts bei *Minchinella* im Bereich eines Oskularkamins. Acanthose Tetractine des choanosomalen Sklerenskeletts (1) und Dermalskleren (2). REM-Bild

Fig.2 Diagentisch stark verändertes choanosomales Basalskelett von *Minchinella*. Die Skleren sind weitgehend von einem Zement überwachsen. REM-Bild

Fig.3 Detail der Zementoberfläche von Fig.2. Die Oberfläche zeigt deutlich ein gleichgerichtetes epitaktisches parkettartiges Dickenwachstum. REM-Bild

Fig.4 Prismatische Struktur eines neugebildeten Zements bei *Minchinella* (1). Die Skleren sind deutlich an den Spaltflächen erkennbar (2). REM-Bild



## Tafel 11

Fig.1 *Murrayona phanolepis* KIRKPATRICK; Christmas Island. REM-Bild

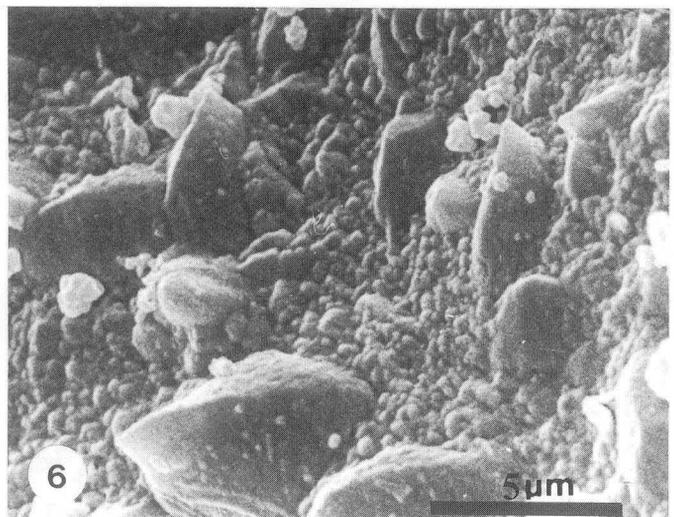
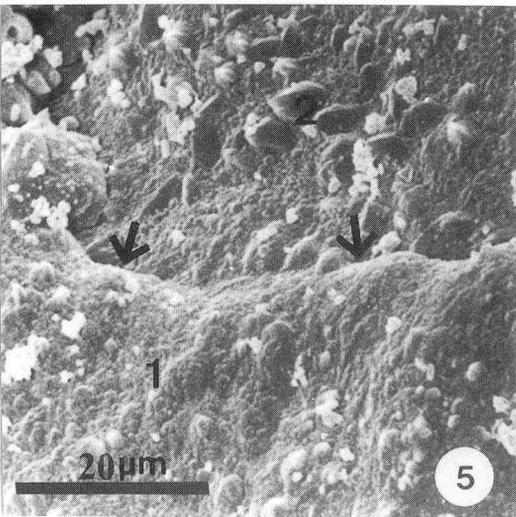
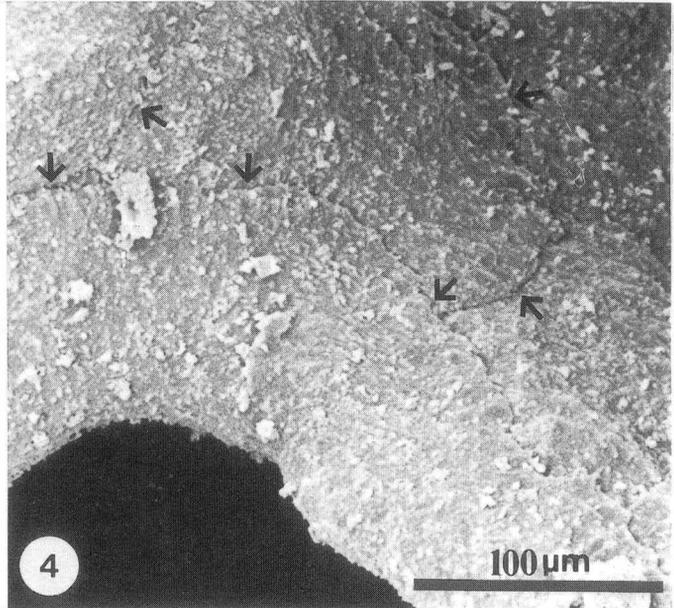
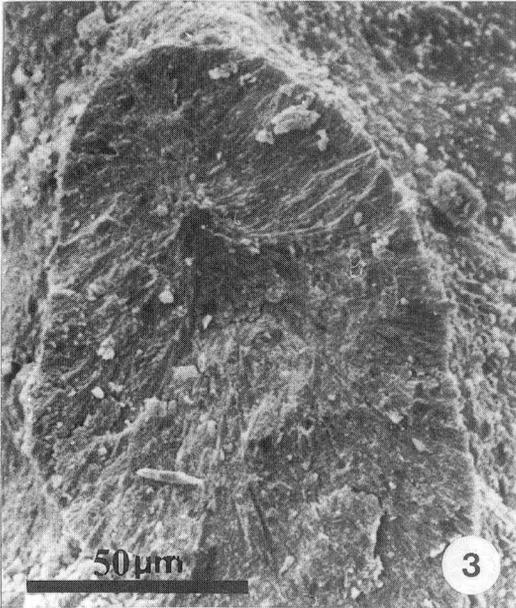
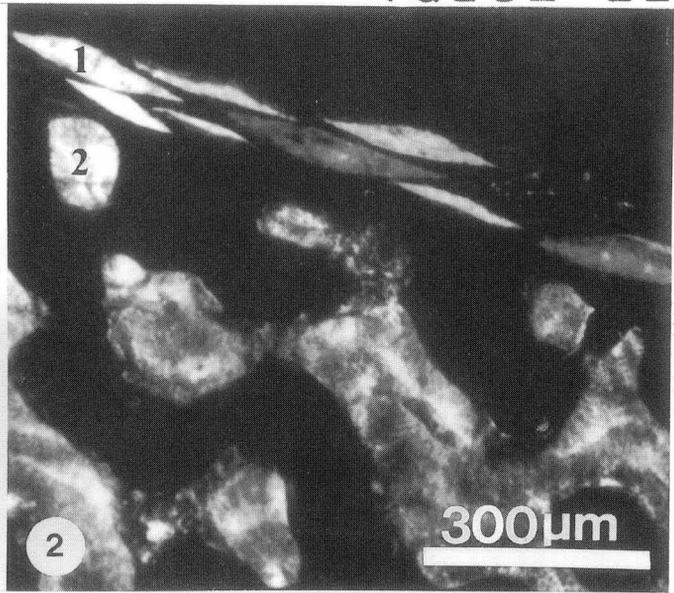
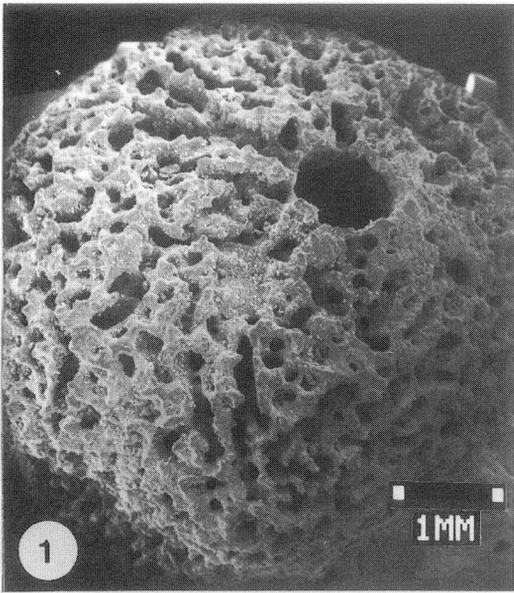
Fig.2 Dermallage von *Murrayona*, die gebildet wird von plattenartigen monokristallinen Skleren (1). Aspikuläres Basalskelett (2). VACELET-Coll.. Lichtmikroskopisches Bild unter polarisiertem Licht.

Fig.3 Sphärolitische Mikrostruktur des Basalskeletts von *Murrayona*. Im Zentrum ist eine initiale Neomorphose erkennbar. REM-Bild

Fig.4 Oberflächenstruktur des Basalskeletts von *Murrayona*. Deutlich sichtbar sind die Grenzen der primären Skelettelemente (Pfeile). REM-Bild

Fig.5 Detailaufnahme von Fig.2. Sichtbar ist die Grenze eines neugebildeten primären Skelettelements (Pfeile, 1). Das ältere Element zeigt deutliche epitaktische Zemente (2). REM-Bild

Fig.6 Detailaufnahme von Fig.5 . Die diagenetischen Kalzitrhomboder wachsen auf einer minimikritischen primären Matrix. Die Minimikritkristalle stellen primäre Bildungen innerhalb des randlichen Choanosoms dar (vgl.Tafel 12, Fig.4). REM-Bild



## Tafel 12

Fig.1 In das Basalskelett von *Murrayona* eingefangene Skleren. REM-Bild

Fig.2 Detailaufnahme von Fig.1. Ein primäres Basalskelett-Element überwächst die Skleren-Fremdkörper. REM-Bild

Fig.3. Detailaufnahme von Fig.1. Das initiale Basalskelett (1) ist durch eine deutliche organische Lage (2) von der Sklere (3) getrennt. REM-Bild

Fig.4 Direkte Auflage des organischen Gewebes auf das Basalskeletts von *Murrayona*. Innerhalb der organischen Grenzlage wird der Minimikrit des Basalskeletts gebildet. Lichtmikroskopisches Bild; VACELET-Coll.

Fig.5 Jüngster Abschnitt des Basalskeletts von *Murrayona* umhüllt vom Choanosom. Lichtmikroskopisches Bild.

Fig.6 Gleiches Bild wie Fig.5 unter polarisiertem Licht. Deutlich sind die Kalzifikations-Zonen zu sehen (Pfeile).

