

Übergänge von einfacheren Strukturtypen zur Kreuzlamellenstruktur bei Gastropodenschalen

(Transitions from Simple Structural Types to the Crossed-Lamellar Structure in Gastropod Shells)

Von KLAUS BANDEL

Mit 8 Tafeln und 5 Abbildungen im Text

Abstract

The crossed-lamellar layer, present in the shells of species belonging to the three subclasses of the gastropods, develops from more simple precursor-structures and grades into other closely related structures. The first mineral deposits in shell-septa and shell repairs consist of crystals which are not jet biocrystals. The columnar or acicular crystals, the spindle-shaped, dumbbell-like, and sperulitic crystal aggregates in further growth grade into biocrystals of acicular morphology. Biocrystals are composed of basal elements of about 0.2 μ in diameter. In the normal growth and strengthening of the shell-walls biocrystals are found from the onset of aragonitic deposition onwards. The crossed-lamellar structure can be seen to develop here in a number of ways from more simple structures. The granular layer, the spherulite-sector layer, the acicular-prismatic layer, and the blocky-prismatic layer are found among those structures present just below the periostracum. The crossed-lamellar layer itself may also make its appearance right below the periostracum without precursor structures. The acicular-prismatic structure and the acicular-lamellar structure mediate between crossed-lamellar structure and crystals of non-biogen habitus and composition. The acicular-lamellar structure and the complex-prismatic structure mediate between the first precursors and the crossed-lamellar layer.

From the alteration of the crossed-lamellar structure the acicular-prismatic layer, the spherulitic-prismatic layer, the spherulite-sector layer, and the helical layer and its close relative the crossed-acicular layer have their origin. New types of structures are described in the crossed-prismatic layer and the scaly layer, both of which are derived from the crossed-lamellar layer. These structures show a mixture of characters of the crossed-lamellar layer on one side and the acicular-prismatic layer on the other side. Cubus-like basic elements are present in both structures. Within the scaly layer one of its two components consists of plates very similar to the nacre-tablets. Here, basal elements and acicular units are fused to such a degree that they are not visible in the fractured faces at all. On the surface of growth the outcropping scales show the shape of inclined, plate-like crystals.

In the zones of transition toward other, related structures

Anschrift des Verfassers: Dr. K. BANDEL, Department of Geology and Mineralogy, University of Jordan, Amman, Jordan.

angles formed by the acicular elements composing the crossed-lamellar layer show much variation. The angles present within the mature crossed-lamellar structure of the different species of gastropods can not be used for systematic and phylogenetic evaluations.

Key words: Gastropoda – shell structure – crossed-lamellar structure – transitions.

Kurzzusammenfassung

Die Kreuzlamellen-Schicht der Gehäuse von Arten aller drei Unterklassen der Gastropoden entwickelt sich über eine Reihe von einfacheren Zwischenstufen und wandelt sich ihrerseits in verschiedene Strukturen um. Letztere weisen enge Verwandtschaft zur Kreuzlamellen-Struktur auf. Das Wachstum der mineralischen Schale beginnt in Septen und Gehäuseverheilungen mit Kristalliten, die noch keine Biokristalle sind. Die säuligen, nadeligen, weizenkornförmigen, hantelförmigen und sphärolithischen Kristalle und Kristallaggregate werden bei weiterem Vorbau der Schale von Biokristallen mit nadeliger Gestalt abgelöst. Biokristalle sind aus ca. 0,2 μ großen Grundelementen zusammengesetzt. Bei normalem Gehäusevorbau und der Gehäuseverstärkung findet eine Ausformung von Biokristallen vom Einsetzen der Aragonit-Abscheidung an statt. In unterschiedlichen Kombinationen kann sich hier aus einfachen Grundstrukturen die Kreuzlamellen-Struktur herausbilden. Die unregelmäßige Schicht, die Sphärolithsektoren-Schicht, die nadelige Prismenschicht und die blockige Prismenschicht stellen solche anfänglichen Strukturtypen der ersten Ablagerungen unter dem Periostracum dar. Die Kreuzlamellen-Schicht wird oft auch völlig unvermittelt der äußeren organischen Schicht angelagert. Die nadelige Prismenschicht und die nadelige Lamellenschicht vermitteln zwischen Kreuzlamellen-Struktur und Kristalliten mit abiogener Tracht und Struktur. Zur Kreuzlamellen-Struktur vermittelnde Strukturen werden von der nadeligen Lamellenschicht und der komplex-prismatischen Schicht gebildet.

Von der Kreuzlamellen-Schicht leiten sich nadelige Prismenschichten, sphärolithische Prismenschicht, Sphärolithsektoren-Schicht und auch die Schraubenschicht mit der ihr nahe verwandten, überkreuzt-nadeligen Schicht her. Als neue Schichttypen sind auch die Kreuzprismen-Schicht und die Schuppenschicht als Kreuzlamellen-Abwandlungen zu betrachten. Hier tritt eine Mischstruktur aus nadeliger Prismenschicht und Kreuzlamellen-Schicht auf, die typisch würfelförmige Grundelemente aufweist. In der Schuppenschicht tritt in geneigten, schuppenförmig auf der Wuchsoberfläche ausstreichenden Lagen eine Verschmelzung der Grundelemente und Bio-

kristallite zu muschelig brechenden Kristalltäfelchen ein. Letztere zeigen Ähnlichkeiten mit den Perlmutterplättchen. In der Kreuzlamellen-Struktur auftretende Winkel, die von den Nadeln der beiden Plattenrichtungen gebildet werden, sind in Übergangsbereichen zu anderen Strukturtypen variabel. Auch die in murenen Kreuzlamellen-Strukturen auftretenden Winkel bei verschiedenen Gastropodenarten lassen sich nicht zu systematischen und phylogenetischen Aussagen heranziehen.

Schlüsselwörter: Gastropoden – Schalenstruktur – Kreuzlamellenstruktur – Übergänge.

A. Einleitung

Die Struktur der Kreuzlamelle tritt bei den Mollusken in den Klassen Scaphopoda, Placophora, Gastropoda und Bivalvia auf. Neben der Perlmutter- und Schraubenstruktur kann die Kreuzlamellen-Struktur als ein Endglied von Vor- und Zwischenstufen einfacherer Strukturen gelten. Die zur Perlmutter-Struktur und zur Schraubenstruktur hinführenden Vorstufen bei Gastropoden wurden bereits in anderen Arbeiten beschrieben. In dieser Studie sollen nun die Vorläufer und die Abwandlungen der Kreuzlamellen-Struktur behandelt werden. Als Untersuchungsmaterial dienten Gastropoden aus den Unterklassen der Prosobranchier, Opisthobranchier und Pulmonaten.

B. Methodisches, Material und Dank

Die Untersuchung der Schalen-Ultrastruktur stützt sich vornehmlich auf rasterelektronenmikroskopische Oberflächenbetrachtungen. Hierzu wurden Bruchflächen, Wuchsoberflächen und oberflächenparallel abgetragene Schalentteile verwendet. Präparate zur Betrachtung der Wuchsoberflächen wurden von Gehäusen solcher Individuen angefertigt, die durch kochendes Wasser abgetötet oder im lebenden Zustand von der Schale entfernt worden waren. Bruch- und Oberflächenpräparate wurden durch Druckluft gesäubert oder in destilliertem Wasser durch kurzzeitige Behandlung mit Ultraschall von Verunreinigungen befreit.

Oberflächen-parallele Abtragungen ließen sich auf zwei verschiedene Weisen herstellen. Zum einen können Schalenpräparate einige Tage in kalter Kalilauge aufbewahrt werden und danach kurz mit Wasserstoffsperoxyd nachbehandelt werden. Mit Ultraschall lassen sich je nach Länge der Behandlung verschieden dicke Schichten oberflächenparallel abtragen. Bessere Ergebnisse erhält man von solchen Gehäusen, deren Schale bereits während ihres Lebens im Süßwasser angeätzt wurde (wie im Falle von *Neritina virginea* und *Valvata cristata*). Hier läßt sich die Ätzoberfläche durch Ultraschallbehandlung von Verunreinigungen und aufgelockerten Schalenschichten säubern. Mittels destillierten Wassers mit und ohne Verbindung mit einer kurzen Ultraschallbehandlung wurden Wuchsoberflächen des Gehäuseinneren gesäubert. Mineralische Komponenten anätzende oder organische Substanzen auflösende Chemikalien wurden nur ausnahmsweise angewendet.

Die auf Probenteller geklebten Präparate erhielten vor der

Betrachtung mit dem Rasterelektronenmikroskop eine Kohlenstoff- und Gold-Bedampfung.

Das in der Studie verwendete Material wurde zum großen Teil vom Verfasser selber aufgesammelt, zum Teil im Austausch gegen karibisches Material von Herrn E. WILS aus Lillo Fort bei Antwerpen bezogen. Viele der untersuchten Pulmonaten erhielt ich dankenswerterweise von Herrn Dr. W. RÄHLE (Tübingen) übersandt.

Die Zeichnungen fertigte meine Frau an, der dafür besonders gedankt sei. Prof. Dr. SEIFERT (Inst. für Mineralogie, Bonn), fertigte Röntgenanalysen nach dem Derby-Scherer-Verfahren an; ihm möchte ich auch hier danken. Für Anregungen im Laufe der Untersuchungen gebührt den Herren Prof. Dr. H. K. ERBEN, Dr. G. FLAJS, Prof. Dr. W. HAAS und Prof. Dr. H. RISTEDT Dank. Die Untersuchungen wurden im Rahmen der von der D.F.G. geförderten Forschergruppe „Biomineralisation“ unter der Leitung von Prof. Dr. H. K. ERBEN im Institut für Paläontologie der Universität Bonn durchgeführt.

C. Ergebnisse

1. Übergang vom Sphärolithrasen über die nadelige Lamellen-Schicht zur Kreuzlamellen-Schicht

Die großwüchsige Mesogastropode *Charonia variegata* LAMARCK (Tonnacea) verschließt im adulten Zustand die ersten 5 bis 6 Windungen mit maximal 3 Septen, wobei die Septen voneinander 2 bis 2,5 Windungen entfernt angeordnet sind (Taf. 1, Fig. 1). Ein solches Septum kann aus einer Anzahl voneinander durch schmale Zwischenräume getrennte, zunehmend dicker werdende Einzelwände bestehen oder aber eine einheitliche Wand bilden. Vor dem Bau eines Septums muß sich der Eingeweidesack aus dem apikalen Raum zurückziehen. Das Mantelepithel des Teiles des Eingeweidesackes, welches nun nicht mehr der Innenseite der Schale anliegt, scheidet sofort einen an Kalziumkarbonat reichen Schleim ab. In diesem wachsen Kristalle und Kristallaggregate heran (Taf. 1, Fig. 2, 3, 4). Es entstehen nebeneinander oder nacheinander wohlgeformte Einzelkristalle von säuliger Gestalt. Auch miteinander verwachsene Einzelkristalle trifft man hier an, wobei die Achsen der Kristalle einander parallel sein können (Taf. 1, Fig. 3, 4) oder aber einen Winkel zueinander bilden. Zahlreiche Einzelkristalle verwachsen miteinander, so daß die Achsen einander parallel verlaufen. Sie bilden Weizenkorn-Aggregate spitzspindelförmiger bis tonnenförmiger Gestalt (Taf. 6, Fig. 4, 5). Häufig trifft man in den zuerst sekretierten Teilen eines Septums von *Charonia* sphärolithisch aufgebaute, kugelige Kristallaggregate von 20 bis 200 μ Durchmesser (Taf. 1, Fig. 6–11). Oft gibt es Übergänge von Weizenkorn-Aggregaten zu Sphärolithen. Das sphärolithische Wachstum setzt an den spitzen Enden des Weizenkorn-Aggregates an, so daß anfangs hantelförmige Gebilde entstehen (Taf. 1, Fig. 6). Allmählich umschließt ein radial aufgebautes Aggregat den Kern. Die Einzelkristalle dieser Gebilde besitzen einen Durchmesser von 0,2 μ bis 0,5 μ .

Gemeinsam ist den Einzelkristallen und den Aggregaten dieser ersten Schichten eines Septums, daß sie sich in der Regel

noch nicht randlich berühren und nicht zu einer zusammenhängenden, kristallinen Schicht vereinigt sind. Sie sind vielmehr untereinander durch dünne organische Lamellen und Fiber verbunden (Taf. 1, Fig. 4).

Die organischen Septenkomponenten bilden keine geschlossene Schicht, sondern zwischen den Kristallen und Kristall-Aggregaten aufgespannte dünne Lamellen und unregelmäßig verlaufende Fibern. Die »Polymerisation« der organischen Substanzen aus dem Mantelsekret erfolgt ganz zuletzt, nachdem bereits das Wachstum der Kristalle und Kristall-Aggregate fast oder ganz abgeschlossen ist. Hierbei entscheidet die Menge des ausgeschiedenen Schleims und die Dauer der Sekretion durch die Mantelzellen, bis zu welcher Größe Kristalle und Aggregate heranwachsen können. Erst organische und mineralische Schalelemente gemeinsam formen eine feste Basis für den weiteren, geordneteren Zuwachs von Septenschichten.

In den auf diese ersten Lagen folgenden Septenbildungen schließen sich die mineralischen Bestandteile enger zusammen und verwachsen miteinander. Bei *Charonia variegata* richten sich die faserigen Einzelkristalle der Sphärolithe allmählich so aus, daß sie parallel zueinander nach innen weisen (in Richtung auf die Apertur) (Taf. 1, Fig. 8). In Nischen zwischen vorwachsenden Kristall-Aggregaten verhindern immer wieder quergelagerte (schichtparallele), organische Lamellen und Fibern das weitere Kristallwachstum, bis eine Ausrichtung der Kristallköpfe normal zur Wuchsoberfläche erreicht ist (Taf. 1, Fig. 8, 9).

Bei dünnen Teilwänden eines *Charonia*-Septums endet oft das Wachstum mit der oben beschriebenen entstandenen Prismenschicht. Bei anderen Wänden geht die Umformung in die Kreuzlamellen-Struktur weiter. Hierbei können die Einzelwände des Septums Strukturen in großer Mächtigkeit auf-

weisen, die sonst nur sehr dünne Übergangsbildungen in anderen Schalenpartien darstellen (Taf. 2, Fig. 1).

Im in Fig. 1, Taf. 2 dargestellten Teilseptum richten sich die feinen Kristallnadeln der ersten, nadeligen Prismenschicht zu flachen Lamellen (bis 4 μ breit, 0,2 μ dick und bis mindestens 50 μ lang) aus (Taf. 2, Fig. 1-4). Diese Lamellen zeigen eine ihrer Längsachse folgende, feine Streifung (Taf. 2, Fig. 2), die ihre aus Einzelnadeln zusammengesetzte Struktur aufdeckt. An der Wachstumsoberfläche zeigt sich, daß bis 20, etwa 0,2 μ breite Einzelnadeln miteinander verwachsen, je eine Lamelle bilden (Taf. 2, Fig. 9). Während die Einzelnadeln der Prismenschicht normal zur Wuchsoberfläche aufgewachsen sind, bilden die Nadeln der Lamellen bzw. die Lamellenplatten einen Winkel von 70° bis 80° mit der Wuchsoberfläche (Taf. 2, Fig. 3). In der Lamellenschicht wird jede einzelne Lamellenplatte randlich schmaler. Dieser verdünnte Saum zeichnet sich im plattenparallelen Anbruch durch dendritische Kristallauswüchse aus (Taf. 2, Fig. 2). Einzelne Kristallite dieser dendritischen Zone zeigen etwa 0,2 μ Breite.

Bei anderen Septenwänden, deren vornehmlicher Bestandteil aus Kreuzlamellen-Schicht besteht, findet man die Lamellenschicht nur im allerobersten Teil in geringer Mächtigkeit (Taf. 2, Fig. 5, 6). Im Übergang von Lamellen- zur Kreuzlamellen-Schicht wenden sich einzelne Lamellenstreifen aus ihrer vorherigen Richtung heraus, während andere in ihrer Richtung unverändert bleiben. Die Richtungsänderung erfolgt innerhalb einer schmalen Übergangszone unvermittelt, so daß aus der Lamellenschicht sofort eine Kreuzlamellen-Schicht mit sehr dünnen Platten entsteht.

Der Übergang von Lamellenschicht zur Kreuzlamellen-Schicht ließ sich in der Aufsicht auf die Wuchsoberfläche besonders gut im apikalen Gehäuseteil eines *Strombus pugilis* LINNÉ (Mesogastropoda, Strombacea) beobachten. Hier im

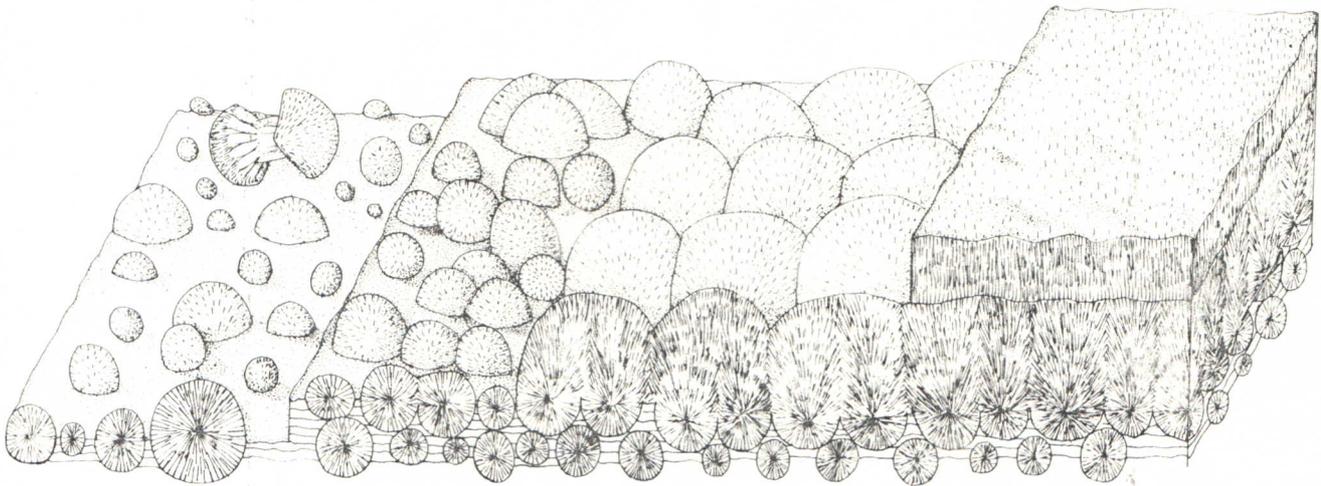


Abb. 1. Vereinfachte Darstellung des Übergangs von sphärolithischen und hantelförmigen Kristallaggregaten (links) zur nadeligen Prismenschicht (rechts). Die Kristallaggregate bestehen aus nicht-zusammengesetzten, prismatischen Kristallen, und zwischen ihnen sind organische Lamellen aufgespannt. Die Nadeln der Prismenschicht bestehen aus Grundelementen und sind daher Biokristalle. Umgezeichnet nach elektronenmikroskopischen Aufnahmen aus dem Bereich eines Septums von *Charonia variegata*.

Simplified drawing of the transition from the spherulitic and dumbbell-like aggregates of crystals (left side) to the acicular-prismatic layer (right side). The aggregates of crystals are composed of entire prismatic crystals, while the needle-like crystallites of the acicular-prismatic layer are composed of basal elements. Sctched from scanning microscopic pictures made from the septum of the shell of *Charonia variegata*.

Bereich einer die apikalen Lumina verschließenden Füllschicht beobachtet man breite und schmale Streifen (Taf. 2, Fig. 9). Die breiten Streifen zeigen eine Quergliederung durch Lamellen, welche mit der Oberfläche einen Winkel von $70-80^\circ$ bilden und ihrerseits aus einzelnen Nadeln zusammengesetzt sind. Die schmalen Streifen stellen die an dieser Stelle bereits durch Wendung einzelner Lamellen-Pakete herausgeformte zweite Platte der neuen Kreuzlamellen-Schicht dar. In ihr bilden die einzelnen Nadeln einen Winkel von $40-50^\circ$ bzw. $130-160^\circ$ mit der Wuchsoberfläche.

Die neugebildete Kreuzlamellen-Schicht bei *Charonia* und *Strombus* ist also von Anfang an gleich in Lamellen 1. Ordnung, Lamellen 2. Ordnung und Lamellen 3. Ordnung unterteilt. Im Septum von *Charonia* entstehen anfangs viele schmale Lamellen 1. Ordnung, von denen nach geringem Dickenwachstum die größte Zahl wieder ausklingt. Hierdurch entstehen allmählich Kreuzlamellen-Platten von etwa 20μ Breite. Diese Breite der Lamellen 1. Ordnung ist im Gehäuse verschiedener Tonnaceen häufig vertreten und kann über lange Strecken des Schalendickenwachstums gleichbleibend beibehalten werden. So lassen sich Platten gleicher Dicke im Bereich der verdickten Außenlippe von *Cassis tuberosa* über weite Strecken verfolgen (Taf. 2, Fig. 8). Auch mit dicken organischen Belägen besetzte Anwachsstreifen unterbrechen diese gleichförmige Ausbildung der Kreuzlamellen-Platten nicht.

Im Septum von *Charonia* und in der apikalen Füllschicht von *Strombus* erweist sich die besondere Art der Ausformung der Kreuzlamellen-Platten aus der Lamellenschicht auch später noch daran, daß die Einzelnadeln der beiden gegeneinander gerichteten Platten einen unterschiedlich großen Winkel mit der Wuchsoberfläche bilden. In einer der beiden Platten bleibt die ursprüngliche Richtung der Nadeln der Lamellenschicht erhalten, während in der anderen eine neue Richtung eingeschlagen wird. Dies steht im Gegensatz zur Ausrichtung der Platten der Kreuzlamellen-Schicht, die im normalen Vorbau des Gehäuses gebildet wurden (Taf. 2, Fig. 7). Hier

bilden die Nadeln beider Kreuzlamellen-Platten einen Winkel von $40^\circ-50^\circ$ bzw. $130-140^\circ$ mit der Wuchsoberfläche.

Die Platten (Lamelle 1. Ordnung) der vorwiegend im Gehäuse von *Charonia variegata* angetroffenen Kreuzlamellen-Schichten zeigen damit eine Breite von etwa 20μ , verzweigen sich selten und halten lange die gleiche Breite (Taf. 2, Fig. 7, 10). Eine deutliche Gliederung in quer zur Plattenebene angeordneten Lamellen 2. Ordnung ist vorhanden. Allerdings reicht eine Lamelle 2. Ordnung nicht von einer zur anderen Plattenseite, sondern es sind vielmehr mehrere, voneinander im Bruch stufenförmig abgesetzte, bis 5μ breite und $0,2 \mu$ dicke Lamellen der gleichen Ausrichtung anzutreffen. Dies spiegelt deutlich die Verhältnisse der nadeligen Lamellenschicht wider, in der die Einzelplatten der Lamellen ebenfalls etwa die gleiche Breite erreichen können und nur so dick sind, wie eine Nadel im Durchmesser mißt.

Jede Lamelle 2. Ordnung ist aus einer einschichtigen Lage randlich miteinander verschmolzener Nadeln, den Lamellen 3. Ordnung zusammengesetzt. Die Nadeln sind zudem ihrerseits aus etwa $0,2 \mu$ im Durchmesser aufweisenden Grundelementen rundlicher oder rechteckig-länglicher Gestalt zusammengesetzt.

Die nadelige Lamellenschicht im Gehäuse von *Ancylus fluviatilis* H. MÜLLER (Ancyloacea, Pluonata) zeigt eine ganz andere Stellung und Ausrichtung als die bisher diskutierte (Taf. 8, Fig. 3). Bei *Ancylus* vermitteln parallel zur Wuchsoberfläche und nicht fast vertikal zur Wuchsoberfläche ausgerichtete nadelige Lamellen – wie bei *Charonia* – zwischen einer äußersten, nadeligen Prismenschicht und der äußeren Kreuzlamellen-Schicht. Unter dem organischen Embryonal-schälchen folgt bei *Ancylus* als erste mineralische Ablagerung eine dichte granuläre Schicht, die aus rundlichen Grundelementen von $0,2 \mu$ zusammengesetzt wird. Diese erste Schicht zeigt abgesehen von der sehr gleichförmigen Größe ihrer Komponenten keine weitere Ausordnung. Die nur eine Grundelement-Dicke breite Schicht setzt sich in einer dünnen

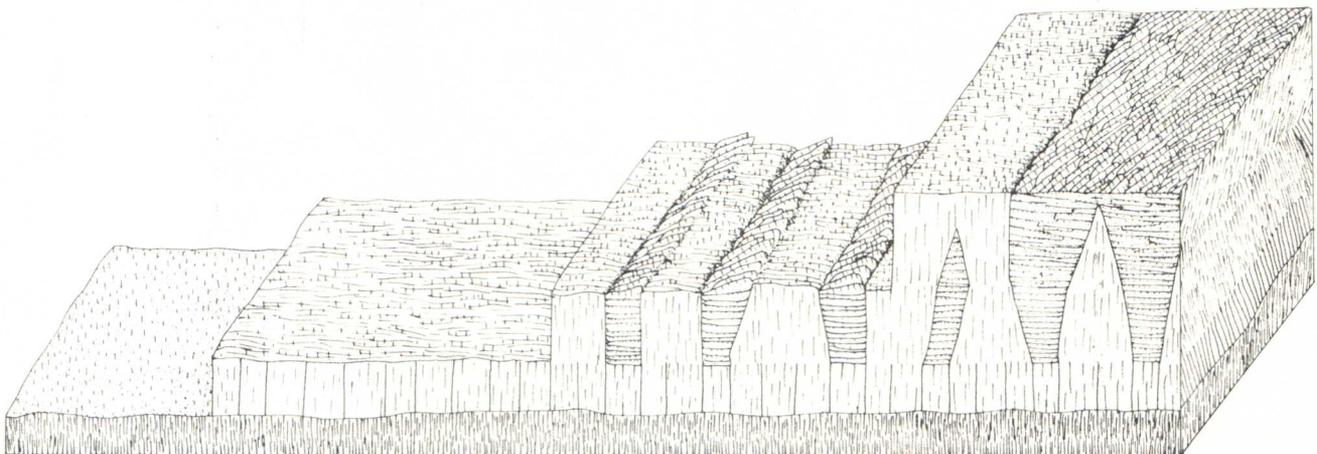


Abb. 2. Vereinfachte Darstellung des Übergangs von der nadeligen Prismenschicht (links; unten), zur nadeligen Lamellenschicht (Mitte) und zur Kreuzlamellen-Schicht (rechts). Letztere zeigt anfänglich dünne Platten, die später teils ausklingen, teils zu breiteren Platten verschmelzen. Die dargestellte Abfolge wurde aus rasterelektronenmikroskopischen Aufnahmen im Bereich eines Septums von *Charonia variegata* umgezeichnet.

Simplified drawing of the transition from the acicular-prismatic layer (left; lower part of figure) to the acicular-lamellar layer (center) and the crossed-lamellar layer (right). The latter shows narrow plates at beginning. These later terminate of fuse with each other to become broader. The drawn sequence was sketched from scanning microscopic pictures made from a septum of the shell of *Charonia variegata*.

Prismenschicht fort, indem die primär abgelagerten Grundelemente eine Anlagerung von vier bis fünf weiteren Grundelementen in Richtung senkrecht zur Wuchsoberfläche erfahren. Hierbei bilden sich kurze, etwa 10 μ lange, in der Regel vertikal zur Wuchsoberfläche ausgerichtete Nadeln, die ihrerseits die dünne nadelige Prismenschicht aufbauen.

Die äußere Prismenschicht wird bei *Ancylus* unvermittelt von der nadeligen Lamellenschicht unterlagert. Hier nun sind die zueinander parallel ausgerichteten Nadeln mit ihrer Längsachse der Wuchsoberfläche parallel angeordnet. Die Grundelemente wechseln im Übergang von der nadeligen Prismenschicht zur nadeligen Lamellenschicht abrupt ihre Verwachungs-Richtung. Bisher wuchsen sie in vertikaler Richtung zusammen, nun vereinigen sie sich zu horizontal ausgerichteten Nadeln.

Ein Übergang von der prismatischen Schicht zur nadeligen Lamellenschicht über die dendritische Schicht wie bei *Valvata cristata* (Mesogastropoda, Valvatacea) (BANDEL [4], Taf. 2, Fig. 1) ist bei *Ancylus* nicht zu beobachten. Die nadelige Lamellenschicht von *Ancylus* ist nur sehr dünn und geht rasch in die Kreuzlamellen-Schicht über. Dies geschieht in der Form, daß die einzelnen Nadelgruppen der Lamellen sich im weiteren Schalen-Dickenwachstum zu Lamellen der 1. Ordnung vereinen. Diese Nadelbalken und Bündel zeigen anfangs einen nur schwachen Neigungsunterschied zueinander, wobei nur zwei Neigungsrichtungen vorkommen. Allmählich bilden sich so die Platten der Kreuzlamellenstruktur heraus.

Im Unterschied zur fast vertikal ausgerichteten Lamellen-Schicht im *Charonia*-Septum verwachsen die Nadeln bei *Ancylus* in der dünnen, nadeligen Lamellenschicht nicht zu dünnen Scheiben (Lamellen, 2. Ordnung), sondern bleiben getrennte Einheiten, die aus Grundelementen gleicher Größenordnung zusammengesetzt sind.

2. Übergang von der Kreuzlamellen-Schicht zur nadeligen Lamellen-Schicht

So wie sich der Übergang von der nadeligen Lamellen-Schicht zur Kreuzlamellen-Schicht beobachten läßt, so kann auch der umgekehrte Fall beobachtet werden. Beide Möglichkeiten der Umbildung der Kreuzlamellen-Platten in zur Wuchsoberfläche parallelen oder normal zu ihr ausgerichteten Lamellen lassen sich aufzeigen.

Auf der Innenfläche älterer Windungen der Gehäuse adulter Individuen von *Planaxis nucleus* BRUGUIERE (Mesogastropoda, Cerithiacea) geht die Kreuzlamellen-Schicht in eine vertikal zur Wuchsoberfläche ausgerichtete Lamellen-Schicht über. Die Platten-Dicke der einzelnen Kreuzlamellen-Schicht nimmt allmählich ab, was durch Einschieben immer neuer Platten verursacht wird. Außerdem wird der Winkel, unter dem sich die Nadeln der beiden Plattenrichtungen kreuzen, immer kleiner (gegen 0°) bzw. größer (gegen 180°) und der Winkel, den sie mit der Wuchsoberfläche bilden, rückt immer näher an 90° heran (Taf. 3, Fig. 1, 3). Hierdurch entsteht allmählich eine in diesem Fall nicht ganz vollständig ausgeformte nadelige Lamellen-Schicht.

In gleicher Position wie bei *Planaxis*, nämlich der Innenfläche der Gehäuse ausgewachsener Individuen von *Tectarius muricatus* LINNÉ (Mesogastropoda, Littorinacea) kann man parallel zur Wuchsoberfläche ausgerichtete Lamellen antreffen (Taf. 3, Fig. 4). Auch hier wird der Winkel, den die Nadeln der beiden entgegengerichteten Kreuzlamellen-Platten miteinander bilden, immer kleiner bzw. rückt immer mehr an 180 Grad. Im Gegensatz zu den Verhältnissen bei *Planaxis* bleibt jedoch die ursprüngliche Plattenbreite erhalten und nur die Nadeln der Platten verändern ihre Stellung zueinander, bis sie zueinander parallele Achsen aufweisen. Bei *Tectarius muricatus* ist so in der innersten, vom adulten Tier zuletzt ausgeschiedenen Schalenschicht eine voll ausgebildete Lamellen-Schicht entwickelt, also in umgekehrter Abfolge wie bei *Ancylus* zu beobachten war.

3. Übergang von unregelmäßig bis sphärolithischen Wachstumsformen über die komplex-prismatische Schicht zur Kreuzlamellen-Schicht

Unter dem zuerst vom Mantelrand beim Vorbau der Mündungsaußenlippe ausgeschiedenen Periostrakum findet man bei *Columbella mercatoria* LINNÉ (Neogastropoda, Buccinacea) eine Schicht, die aus körnigen, unregelmäßig, in dichter Packung neben und übereinander angeordneten, kristallinen Körpern von 0,2 μ Durchmesser besteht (Taf. 3, Fig. 6). Die Größe und Form dieser Bausteine, die zuerst unter der organischen Außenschale abgelagert werden, entspricht den Grundelementen, die die nach innen folgenden Biokristalle der verschiedenen Schichttypen zusammensetzen.

Nach etwa 3–5 μ Mächtigkeit mineralischer Schale ordnen sich die Grundelemente zu Reihen an und formen so Nadeln. Konzentrisch-strahlig um eine vertikal zur Wuchsoberfläche ausgerichtete Achse angeordnete Nadeln setzen ihrerseits sphärolithische Säulen zusammen (Taf. 3, Fig. 7).

Aus den radial aufgebauten, im Schnitt rundlich bis polygonalen Sphärolith-Säulen werden nach geringem Dickenwachstum im Querschnitt unregelmäßig begrenzte Säulen oder Bündel. Diese sind aus Nadeln zusammengesetzt, die innerhalb einer Säule alle zueinander parallele Längsachsen besitzen, die aber nicht parallel zur Säulenachse verlaufen.

Besonders deutlich ließen sich die bei *Columbella mercatoria* im Quer- und Längsbruch aufgefundenen Übergänge bei stufenweise abgetragener Schale von *Neritina virginea* LINNÉ (Archaegastropoda, Neritacea) in der Aufsicht und Seitenansicht beobachten. Das im leicht sauren Aquarienwasser langfristig (2 Jahre) gehaltene Tier mußte wiederholt im apikalen Bereich Schale von unten her anfügen. Hierbei entstand unter dem Schutz verdünnter, angeätzter Schale ein Aufwuchs aus blockigen Kristallen, die eine erste, etwas unregelmäßige und ungleichförmige Prismenschicht zusammensetzen (Taf. 4, Fig. 10). Die Einzelbestandteile dieser Schicht messen bis zu 0,3 μ in der Dicke und 0,5 μ in der Länge. Die blockige Prismenschicht geht nach innen hin in radiär ausgerichtete, etwa 1,5 μ breite Sphärolith-Säulen über (Taf. 4, Fig. 11). In jeder dieser Säulen weist die von den Nadeln an der Mittelachse gebildete Spitze zur Schalenaußenseite. Der Vorwuchs nach innen erfolgt an Nadelspitzen, die konzen-

trisch um die Mittelachse herum angeordnet sind und alle etwa den gleichen Winkel (45°) mit der Wuchsoberfläche bilden.

Aus den Sphärolith-Säulen entwickeln sich wie bei *Columbella mercatoria* unmittelbar nach ihrer Ausformung bereits die Säulen der komplex-prismatischen Schicht (Taf. 4, Fig. 6). Diese ist aus unregelmäßig-säuligen Einheiten zusammengesetzt, bei der die einzelnen Einheiten aus einander etwa parallel ausgerichteten Nadeln (Biokristalle) aufgebaut sind. Die Richtung der Nadeln innerhalb jeder Säule bzw. jeden Bündels ist nur annähernd gleich. Divergierende Nadelrichtungen sind vor allem an Stellen zu beobachten, die unmittelbar vor der Verzweigung eines Bündels angetroffen werden (Taf. 4, Fig. 5). Die Mittelachsenrichtung der einzelnen Bündel ist meist geneigt zur Normalen der Wuchsoberfläche. Die Nadeln, welche die Bündel zusammensetzen, zeigen nur selten mit den Bündelachsen gleichlaufende Nadelachsen.

Der Übergang von der komplex-prismatischen Schicht zur Kreuzlamellen-Schicht läßt sich bei vielen Neogastropoden-Gehäusen zumeist mehr oder wenig deutlich in den ersten mineralischen Schichten unter dem Periostrakum beobachten. Für *Columbella mercatoria* ist das Einbiegen und die Anordnung der Bündel der komplex-prismatischen Schicht in die Platten der Kreuzlamellen-Schicht abgebildet (Taf. 4, Fig. 9). Sind die Bündel im Bereich des Übergangs zur Schicht der Sphärolith-Sektoren im Querschnitt rundlich bis vieleckig und etwa gleich dick wie breit, so wird ihr Querschnitt im Übergang zur Kreuzlamellen-Schicht unregelmäßig langoval. Hierbei laufen die längsten Achsen der Bündelquerschnitte und die darunter liegenden Plattenebenen der Kreuzlamellen etwa parallel zueinander. Der Übergang der Nadeln der Bündel der komplex-prismatischen Schicht zur Lamelle 3. Ordnung der Kreuzlamellen-Schicht ist fließend. Der Durchmesser ändert sich nicht und ihre Zusammensetzung aus Grundelementen von etwa $0,2 \mu$ Durchmesser

bleibt gleich. Oft teilt sich ein Bündel der komplex-prismatischen Schicht im Übergang zur Kreuzlamellen-Schicht in zwei Äste auf, die jeweils in zwei verschiedene, gleichgerichtete Platten der Kreuzlamellen-Schicht einmünden. Bündel anderer Nadelrichtungen münden in die dazwischenliegenden und anders gerichteten Platten ein (Taf. 4, Fig. 9).

Die vorher in eine Richtung weisenden Einzelnadeln eines Bündels der komplex-prismatischen Schicht, die nicht zu Lamellen 2. Ordnung miteinander verschmolzen sind, richten sich in der Kreuzlamellen-Platte (Lamelle 1. Ordnung) zuerst zu etwa $0,2 \mu$ dicken Lamellen 2. Ordnung aus. Diese zeigen nicht die gleiche regelmäßige Gestalt und glatte Oberfläche, wie im Übergang von Lamellen-Schicht zur Kreuzlamellen-Schicht zu beobachten war. Sie sind aber zumeist im Bruch parallel zu ihrer Wachstumsebene (Taf. 4, Fig. 7) und auch im Bruch senkrecht dazu klar erkennbar (Taf. 4, Fig. 8). Die Nadeln (Lamellen 3. Ordnung) dagegen weisen anfänglich oft noch eine kleine Abweichung ihrer Nadelachsenrichtung von der der Plattenebene auf. Sie streben in ihrer Anordnung etwas fächerförmig aus der Plattenebene heraus, bleiben aber in der Ebene der Lamellen 2. Ordnung (Taf. 4, Fig. 7). Die Form der Nadeln der Kreuzlamellen-Platten ist im Übergangsbereich zur komplex-prismatischen Schicht noch etwas variabel. Erst später erfolgt dann bei allen Nadeln eine stärkere Angleichung in Form und Richtung. Auch werden sie immer länger, so daß sie schließlich aus über 50 Grundelementen hintereinander bestehen können (Taf. 3, Fig. 8, 9).

Die Nadeln der Kreuzlamellen-Schichten bei *Columbella mercatoria* setzen sich aus Grundelementen zusammen, die in ihrem Durchmesser mit der Nadelbreite übereinstimmen ($0,1 \mu$) und tonnenförmige bis rechteckige Gestalt aufweisen (bis $0,2 \mu$ Länge). Sie sind also hinsichtlich ihrer Gestalt etwas von denen der komplex-prismatischen Schicht unterschied-

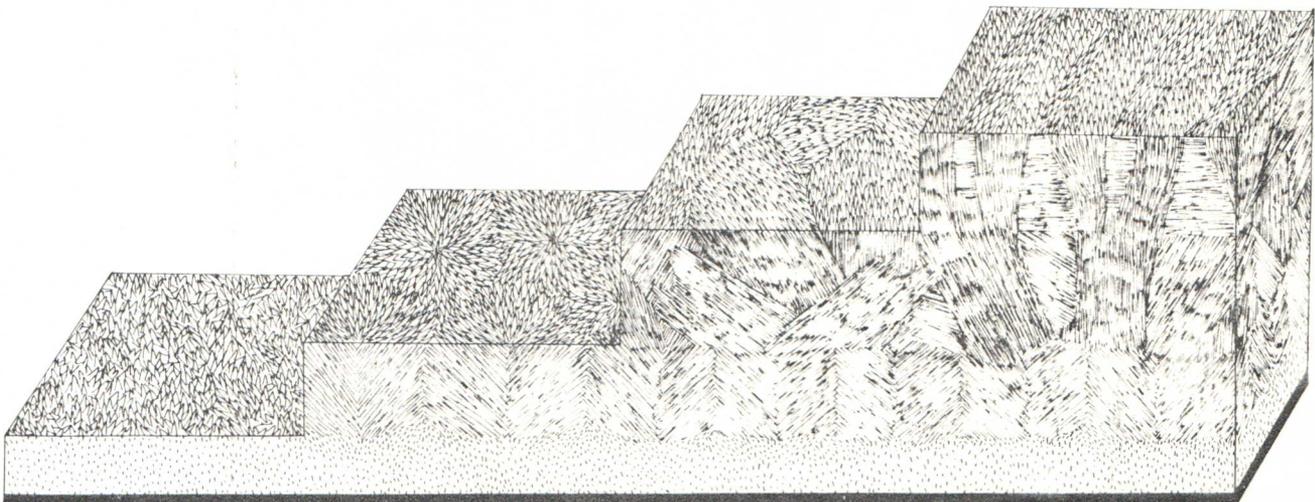


Abb. 3. Vereinfachte Darstellung des Übergangs von der unregelmäßigen Schicht (linke Stufe), über die Sphärolithsektoren-Schicht (linke mittlere Stufe), zur komplex-prismatischen Schicht (rechte mittlere Stufe), die ihrerseits in die Kreuzlamellen-Schicht überleitet (rechte Stufe). Umgezeichnet von rasterelektronenmikroskopischen Aufnahmen aus der Außenwand der Schale von *Columbella mercatoria*.

Simplified drawing of the transition from the granular layer (left step) to the spherulite-sector layer (left central step), to the complex-prismatic layer (right central step), which mediates into the crossed-lamellar layer (right step). Sketched from scanning microscopic pictures made from the outer shell wall of *Columbella mercatoria*.

den, in ihrer Dimension jedoch gleich. Die Aufteilung einer Nadel in zwei neue gibt sich daran zu erkennen, daß die Grundelemente zuvor breiter werden. Dann zeichnet sich eine erste unregelmäßig verlaufende Querlinie ab, aus der sich im folgenden deutlich voneinander getrennte Grundelemente herausformen, die zwei klar geschiedene Nadeln bilden (Taf. 3, Fig. 8, 9). Dieser Übergang erfolgt im Bereich von 4 Grundelementen.

Bei der Entstehung der ontogenetisch frühesten, mineralischen Schale bei *Valvata cristata* O. F. MÜLLER (Mesogastropoda, Valvataceae) erfolgt der Übergang zur Kreuzlamellen-schicht über ähnliche Stufen, wie beim normalen Schalen-vorbau von *Columbella mercatoria* und bei der Schalenre-generation von *Neritina virginea*. Die Embryonen von *V. cristata* entwickeln sich innerhalb der Eikapsel bis zum kriechenden, dem erwachsenen Tier ähnlichen Jungtier heran. Die Larvalphase wird hier völlig innerhalb der Eikapsel abgeschlossen. Die anfangs rein organisch zusammengesetzte Schale zeigt während des Abschlusses der Metamorphose innerhalb der Eikapsel etwa eine Windung (Taf. 5, Fig. 4). Unter der organischen Embryonal-Schale bildet sich zuerst eine aus unregelmäßig blockigen Kristallen von maximal 0,6 μ Länge und 0,4 μ Breite zusammengesetzte, bis 3 μ dicke Schicht. Ihre kristallinen Bausteine sind sehr ungleichmäßig groß und zeigen keine bevorzugte Anordnung (Taf. 5, Fig. 7). Sie richtet sich zum Innenraum hin unvermittelt in kleine Bündel einer komplex-prismatischen Schicht aus, die ihrerseits nur maximal 2 μ Mächtigkeit mißt (Taf. 5, Fig. 7). Den Übergang von der äußersten Lage, der blockig-prismatischen Schicht zur komplex-prismatischen Schicht zeigt deutlich das REM-Bild auf Taf. 2, Fig. 1 (BANDEL [4]). Die bis 0,4 μ breiten, geraden Einzelnadeln der komplex-prismatischen Schicht formen sich aus körnigen, unregelmäßig angeordneten oder in verzweigenden, knotigen Strängen geordneten basalen Teilen der blockig-prismatischen Schicht heraus. Diese, nicht einmal 0,5 μ breite Schicht entspricht der dendritischen Schicht, wie sie auch bei den Pteropoden beobachtet werden konnte (BANDEL [4], Taf. 3, Fig. 9, 10). Sie vermittelt zwischen ungleich großen, körnigen Einzelkristallen zu aus Grundelementen von 0,3 μ Breite zusammengesetzten Nadeln. Bedingt durch ihre geringe Schichtmächtigkeit, fehlt jedoch die sonst für die dendritische Schicht typische Abplattung der einzelnen Nadeln (Taf. 5, Fig. 2). Das dendritische Aussehen, der unregelmäßige, etwas gekrümmte Verlauf und die parallel zur Wuchsoberfläche ausgerichtete Lage der Nadeln ist jedoch charakteristisch für die dendritische Schicht.

Der Übergang von der komplex-prismatischen Schicht zur Kreuzlamellen-Schicht folgt dem im Vorhergehenden aufgezeigten Weg. Der Übergang ist nur im parallel zur Oberfläche abgetragenen Schichtenverbund sichtbar (BANDEL [4] Tafel 2, Fig. 1), während der Querbruch einen abrupten Wechsel vortäuscht (Taf. 5, Fig. 7).

Die ersten mineralischen Ablagerungen im Embryonalgehäuse von *Perforatella rubiginosa* (A. SCHMIDT) (Pulmonata) bestehen aus Halbkugeln von bis zu 6 μ Breite, die mit ihrer flachen Basis der organischen Außenlage aufsitzen (Taf. 8, Fig. 2). Im Aufbau bestehen diese Halbkugeln aus Nadelelementen, die eine sphärolithische Anordnung zeigen und aus Grundelementen zusammengesetzt sind.

Im weiteren Dickenwachstum bilden sich kurze Sphärolith-sektoren, die über die komplex-prismatische Schicht in die Kreuzlamellen-Schicht überleiten.

Ähnlich wie bei *Perforatella* erfolgt die Herausforderung der Kreuzlamellen-Struktur in den adulten Gehäusen von *Haminocoea solitaria* (SAY) und *Aplysia brasiliana* (RANG) (Opisthobranchia) ausgehend von sphärolithischen Kristallisationskeimen in Grundelementgröße unter der organischen Außenschale (im Falle von *Aplysia* ist das ganze Gehäuse eine Innenschale geworden).

Beim Embryonalgehäuse von *Orcula gularis* (ROSS M.) (Pulmonata, Pupillacea) und beim Adultgehäuse von *Conus mus* (Neogastropoda, Conacea) folgt unter der äußersten, organischen Schicht eine körnige, ungeordnete Schicht, bestehend aus Kristalliten in Grundelementgröße (0,2 μ), ähnlich wie bei *Columbella mercatoria* zu beobachten ist. Hieraus bildet sich im weiteren Dickenwachstum eine nadelige Prismenschicht, aus welcher sich im abrupten Übergang die Kreuzlamellen-Schicht formt.

4. Übergang von Kristallrasen über die komplex-prismatische Schicht zur Kreuzlamellen-Schicht

Der Übergang von Kristallrasen, Einzelkristallen und Kristall-Aggregaten zur Kreuzlamellen-Schicht kann bei Gastropoden-Gehäusen an den verschiedensten Stellen beobachtet werden. Am Beispiel der Schalenverheilung von *Neritina virginea* (LINNÉ) (Archaeogastropoda, Neritacea) und *Murex pomum* GMELIN (Neogastropoda, Muriceae), des Innenlippen-Vorbau bei *Xancus angulatus* SOLANDER (Neogastropoda, Buccinacea) und der Septenbildung bei verschiedenen Arten der Gattung *Murex* wird die Schichtenabfolge dieses Überganges aufgezeigt.

Neritina virginea scheidet an scharfkantigen Bruchstellen des verletzten Gehäuses als erste mineralische Bildungen halbsphärolithische Nadel-Kristallbündel und Weizenkorn-Aggregate aus (Taf. 5, Fig. 1). Die Weizenkorn-Aggregate lassen in der Anätzung deutlich ihre Zusammensetzung aus einzelnen, einander parallelen Nadeln erkennen (Taf. 5, Fig. 3). Beim Weiterwachsen zum Schaleninneren hin erfolgt eine sphärolithische Auffächerung der Enden eines solchen bis 8 μ breiten und 22 μ langen Aggregates. Hierbei konnte allerdings nur der ins Gehäuseinnere weisende Teil des Aggregates weiterwachsen (Taf. 5, Fig. 3). Gleichzeitig mit dem dem Aggregatende aufsitzenden Aufwuchs erfolgt aber auch eine Ausrichtung der weiterwachsenden Nadeln zu Bündeln von komplex-prismatischer Struktur. Nach innen hin geht die komplex-prismatische Schicht, in gleicher Weise, wie im Vorhergehenden beschrieben, in die Kreuzlamellen-Schicht über (Taf. 4, Fig. 6). Hier nahe dem Übergangsbereich sind zwar schon die Platten der Kreuzlamellen-Schicht ausgeformt, doch die einzelnen, sie zusammensetzenden Nadeln weichen in der Richtung ihrer Längsachsen noch kräftig von der Richtung der Plattenebene ab. Sie zeichnen noch die Richtung der Säulen der komplex-prismatischen Struktur nach.

Auch bei der Verheilung einer abgebrochenen Außenlippe von *Murex pomum* trifft man Übergänge zwischen verschie-

denen Strukturen an (Taf. 5, Fig. 5). Die unregelmäßige Bruchfläche wird durch eine Auskleidung von Kristall-Aggregaten, vornehmlich Weizenkorn-Aggregaten gebildet, die durch organische Schichten und Lamellen aneinandergesetzt sind. Die Aggregate wachsen nach innen hin zu einer komplex-prismatischen Schicht aus. Diese geht dann in die Kreuzlamellen-Schicht über, die den Anbruch nach innen hin so vollständig verschließt, daß von der Gehäuseinnenseite her keine Spur der Verheilung zu erkennen ist.

Apikale Gehäuselamina abschließende Septen bei Neogastropoden beginnen immer mit einer Schicht aus Einzelkristallen und Kristallaggregaten, die durch organische Lamellen und Fibern zusammengehalten werden (Taf. 6, Fig. 1, 2, 3). Der Seitenwand liegt diese Schicht entweder unvermittelt an, oder sie setzt sich als nadelige Prismenschicht fort. Neben Einzelkristallen treten in diesen ersten Septenabscheidungen besonders häufig Weizenkorn-Aggregate (Taf. 6, Fig. 3, 4) und Sphärolithe (Taf. 1, Fig. 7) auf. Diese Kristallbildungen verwachsen zumeist nach innen hin schnell und gehen in eine nadelige Prismenschicht über. Während die Aggregate in der Regel noch aus Einzelkristallen aufgebaut sind, bestehen die Nadeln der Prismenschicht zumeist bereits aus Grundelementen von etwa $0,2 \mu$ Durchmesser. Der Übergang von der nadeligen Prismenschicht zur Kreuzlamellen-Schicht vollzieht sich auch hier meist über eine dünne, undeutliche komplex-prismatische Schicht.

Das Vorrücken der Innenlippe über die alten Gehäusewindungen vollzieht sich bei den meisten Neogastropoden dadurch, daß sich hinter einer Zone der Anätzung (BANDEL [3]) eine Prismenschicht vorschiebt. Hierbei geht die Breite der Nadeln der vorrückenden Prismenschicht zumeist nicht über die eines Grundelementes hinaus. Die untersten, der alten erodierten Schalenoberfläche aufsitzenden Nadeln sind von Anfang an aus Grundelementen zusammengesetzt. Bei erwachsenen *Xancus angulatus*-Individuen läßt sich schon oft wenige Zentimeter vom Innenlippenaußenrand entfernt eine Einregelung der Nadeln in die Bündel der komplex-prismatischen Schicht beobachten (Taf. 6, Fig. 12).

5. Übergang von der Kreuzlamellen-Schicht zur Sphärolithsektoren-Schicht

Buccinum undatum LINNÉ (Neogastropoda, Buccinacea) aus der Oosterschelde (Nordsee) besitzt neben den Kreuzlamellen-Schichten im Gehäuse noch eine innere, von Sphärolithsektoren gebildete Schicht. Diese fehlt den nicht lange den Gelegen entschlüpfenden Individuen noch. Der Übergang von der zuletzt gebildeten Kreuzlamellen-Schicht zur Sphärolithsektoren-Schicht ist oft fließend. Dies wird besonders bei Azetatfolienabzügen anpolierter und leicht angeätzter Gehäusequerschnitte aus dem Bereich des Überganges sichtbar, weil hierbei die Anwachslinien besonders deutlich hervortreten. BANDEL ([3], Fig. 10, Tag. 6) zeigte jedoch auch, daß dieser Übergang auf der Innenansicht der Gehäuse gut zu erkennen ist. Die Platten der Kreuzlamellen-Schicht zerfallen hierbei zuerst in mehrere einzelne Bündel der komplex-prismatischen Schicht (Taf. 6, Fig. 10). Diese formen sich dann zu konzentrisch ausgebildeten Sphärolithsektoren um (Taf. 6, Fig. 11). In der Aufsicht auf die Wuchsoberfläche ist

bereits die wirtelige Stellung der einzelnen Nadeln in der Sphärolithsektoren-Säule erkennbar und gleichzeitig eine gleichartige Ausrichtung einzelner Bündel im wirteligen Gesamtmuster (Taf. 6, Fig. 11). Im Querbruch ist der Übergang von Kreuzlamellen-Schicht zur Sphärolithsektoren-Schicht nicht so klar zu erkennen, wie im Azetatanzug oder in der Aufsicht auf die Wuchsoberfläche. Die Nadeln der Kreuzlamellen-Schicht münden ohne Änderung ihrer Zusammensetzung aus Grundelementen und Verlust ihrer Gestalt in die Nadeln der Sphärolithsektoren ein (Taf. 6, Fig. 10). Die einzelnen Sektoren dieser Schicht verlaufen sehr unregelmäßig. Die Säulen erreichen eine Dicke von $1,5 \mu$ und verlieren im weiteren Verlauf schnell an Länge, keilen aus oder verzweigen sich, um neue Säulen zu bilden.

Die Ausrichtung der Sektoren, deren Begrenzung im Querschnitt polygonal bis sechseckig ist, verläuft immer vertikal zur Wuchsoberfläche. Sie bestehen gleichbleibend aus etwa $0,2 \mu$ dicken Nadeln, die unter dem gleichen Winkel zur Mittelachse radial hingeneigt sind. In ihrem Treffpunkt an der Mittelachse bilden gegenüberliegende Nadeln etwa einen Winkel von 45° miteinander. Die Spitze der Sphärolithsektoren weist in Richtung des Schaleninneren. Die einzelnen Nadeln wachsen in konzentrischen, von der Mittelachse weg geneigten Wirteln vor. Ihr Aufwuchs erfolgt in gleichartig breiten Nadelspitzen in der Ebene, nicht als Aufwölbung.

6. Übergang von der Kreuzlamellen-Schicht zur sphärolithisch-prismatischen Schicht

Viele Meso- und Neogastropodengehäuse zeigen Übergänge von Kreuzlamellen-Schichten zur sphärolithisch-prismatischen Schicht. Dieser Übergang erfolgt oft in Zusammenhang mit der Ausbildung innerer Anlagerungen bei Gehäusen ausgewachsener Individuen. Auch bei nur periodisch wachsenden Arten bezeichnen Zeiten geringer Schalensekretion Übergänge von Kreuzlamellen zu sphärolithisch-prismatischer Schicht. Besonders klar ausgebildet finden wir diesen Übergang im Bereich der verdickten Mündungsaußenlippe der erwachsenen Tiere bei Strombaceen.

Kurze Unterbrechungen während des Baues von Kreuzlamellen-Schichten werden durch Einschaltungen dünner Prismenschichten, die keine deutlich sphärolithische Ausrichtung erkennen lassen, gekennzeichnet. Dies sei am Beispiel einer 8μ dicken, prismatischen Zwischenschaltung in die Kreuzlamellen-Schicht des Gehäuses von *Thais deltoidea* LAMARCK (Neogastropoda, Muricacea) dargestellt (Taf. 6, Fig. 7). Hier biegen die Nadeln der Kreuzlamellen-Schicht in die vertikal zur Wuchsoberfläche ausgerichteten Nadeln der nadeligen Prismenschicht ein. Sie behalten innerhalb dieser Schicht ihre Dicke bei und setzen sich darüber, in den Nadeln der folgenden Kreuzlamellen-Schicht fort. Hierbei erfolgt der Fortbau der auflagernden Kreuzlamellen-Schicht als ob keine Prismenschicht zwischengeschaltet wäre. Die Nadeln zeigen die gleiche Anordnung und Richtung wie in der unter der Prismenschicht gelegenen Kreuzlamellen-Schicht vorgegeben war. Völlig gleichartige Verhältnisse ließen sich bei einer ganzen Anzahl von Meso- und Neogastropoden beobachten, wie auch bei dem Opisthobranchier *Aplysia*.

Ein etwas von den Verhältnissen bei *Thais deltoidea* verschiedener Fall soll am Beispiel einer gleichartigen Zwischenlage in die Kreuzlamelle von *Strombus raninus* GMELIN (Mesogastropoda, Strombacea) aufgezeigt werden. Die Prismenschicht schaltet sich hier in einer Kreuzlamellen-Schicht ein, die eine Verflachung der Nadelstellungen gegeneinander erfahren hat (Taf. 6, Fig. 8). Sie ist im Gehäuseinneren nachträglich ausgeschieden und stellt den Übergang zur nadeligen Lamellen-Schicht dar. Die in diese Kreuzlamellen-Schicht eingelagerte, nur 2 μ dicke Prismenschicht zeigt undeutlich begrenzte, vertikal zur Wuchsoberfläche ausgerichtete Nadeln. Deutlich erkennbar sind die Grundelemente, die in unregelmäßiger Gestalt hier die Nadeln der Kreuzlamellen-Schicht, wie auch der Prismenschicht zusammensetzen. Diese zeigen innerhalb der Prismenschicht eine Aneinanderreihung vertikal zur Wuchsoberfläche, ohne sich zu klar abgegrenzten Nadeln auszuformen.

Eine an die Kreuzlamelle von *Contumax nodulosus* (BRUG.) (Mesogastropoda, Cerithiacea) eingeschaltete Prismenschicht von nur 3 μ Dicke zeigt dagegen bereits deutlich die Merkmale der sphärolithisch-prismatischen Schicht (Taf. 6, Fig. 9). Zwar setzen sich auch hier die Kreuzlamellen-Richtungen über der Prismenschicht unverändert fort, doch gibt es im Ansatz an die Oberfläche der Prismenschicht Übergänge. Die Nadeln der Kreuzlamellen-Schicht setzen sich in der Regel aus gerundeten, kissenartigen Grundelementen zusammen. Diese bilden aufeinandergetürmt die einzelnen Nadeln. In der Prismenschicht dagegen ist die Form der Grundelemente unregelmäßig, wenn auch in der Dimension ($\sim 0,2$ μ Durchmesser) denen der Kreuzlamellen-Schicht gleich. Die Grundelemente bilden hier zwar ebenfalls Aneinanderreihungen, jedoch nicht streng vertikal zur Wuchsoberfläche, sondern etwas geneigt zur Vertikalen. Dadurch bilden sich mit der Spitze in das Schaleninnere weisende Kegel heraus. Im Übergang von der Oberfläche der sphärolithisch-prismatischen Schicht zur neuen Kreuzlamellen-Schicht zeigen die Nadeln der Kreuzlamelle auf 1–4 μ Länge eine noch

nicht regelmäßige Anordnung der Grundelemente. Erst nach dieser kurzen, noch aus polygonalen, vielgestaltigen, runden Grundelementen aufgebauten Nadelbasis erfolgt wieder die gleichförmige Ausrichtung zu kissenförmigen, gleichartigen Grundelementen.

Ähnliche, allerdings viel mächtigere Einschaltungen von sphärolithisch-prismatischer Schicht in die Kreuzlamellen-Schicht trifft man bei *Vasum muricatum* BORN (Neogastropoda, Buccinacea) an (Taf. 6, Fig. 6). Besonders bei ausgewachsenen Individuen mit dicker Schale können mehrere solcher Prismenschichten untereinander, in verschiedener Dicke, im Bereich der Außenlippe angetroffen werden (Taf. 6, Fig. 6).

Die Verdickung der für die adulten Vertreter der Gattung *Strombus* so typischen Außenlippe erfolgt anfangs in einer Wechsellagerung aus Kreuzlamellen-Schichten und sphärolithisch-prismatischen Schichten, später allein durch sphärolithisch-prismatische Schichten. Der porzellanartige Glanz der verdickten Außenlippe und der vorderen Innenlippenregion bei Vertretern dieser Gattung stammt also von der prismatischen Schicht.

Im Übergang von Kreuzlamellen-Schicht zur Prismenschicht trifft man in den Platten der Lamellen 2. Ordnung bereits schwach geneigte Nadeln (Taf. 5, Fig. 2). Dies entspricht weitgehend in umgekehrter Abscheidungsabfolge dem, was vorher über die Herausbildung der Kreuzlamellen-Schicht aus der komplex-prismatischen Schicht beschrieben wurde. Die späten Kallusanfügungen bestehen nur noch aus Lagen übereinander gelegter sphärolithisch-prismatischer Schichten (Taf. 5, Fig. 6). Die einzelnen Nadelsäulen werden bei *Strombus raninus* bis 4 μ breit, keilen in der Vertikalen sehr schnell aus und weisen mit ihrer Spitze in das Schaleninnere. Jede Nadel besteht aus unregelmäßig umgrenzten Grundelementen (Taf. 6, Fig. 5).

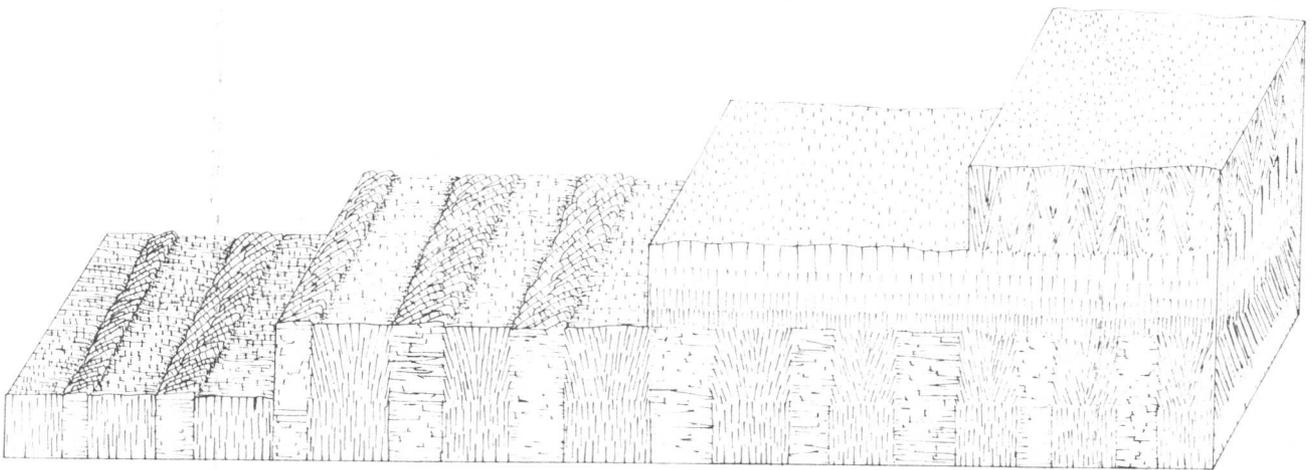


Abb. 4. Vereinfachte Darstellung des Übergangs von der Kreuzlamellen-Struktur (linke Stufe) zur Kreuzlamellen-Schicht mit etwas sphärolithischer Nadelausrichtung in den Platten (linke mittlere Stufe), die zur nadeligen Prismenschicht überleitet (rechte mittlere Stufe), die ihrerseits in die sphärolithische Prismenschicht übergeht. Die dargestellte Abfolge wurde aus rasterelektronenmikroskopischen Aufnahmen im Bereich der Außenlippe des Gehäuses adulter Individuen von *Strombus pugilis* umgezeichnet.

Simplified sketch of the transition from the crossed-lamellar structure (left step) to the crossed-lamellar layer with a somewhat spherulitic arrangement of the needle-crystals within the plates (left central step), to the acicular-prismatic layer (right central step) which grades into the spherulitic-prismatic layer (right step). Drawn from scanning microscopic pictures made from the outer lip of the shell of adult individuals of *Strombus pugilis*.

Auch bei den Pulmonaten *Ferussacia lanzarotensis* (MOUSSON), *F. valida* (MOUSSON) und *Aplexa hypnorum* LINNÉ ließen sich sphärolithisch-prismatische Schichten im Bereich der Außenlippenverdickung nachweisen, die genauso wie ähnliche Bildungen bei *Strombus* aufgebaut sind. *Pomatias elegans* (O. F. MÜLL.) (Mesogastropoda) und *Aplexa hypnorum* zeigen zudem auch ebenso aufgebaute sphärolithisch-prismatische Ablagerungen im Gehäuseinneren.

7. Übergang von der Kreuzlamellen-Schicht zur Kreuzprismen-Schicht

In den Gehäusen der Mesogastropoden *Viviparus viviparus* (LINNÉ), *Littorina tricoloralis* (DES H.), *L. ziczac* (GMEL.), *L. neritoides* (LINNÉ), *Pomatias elegans* MÜLLER, *Modulus modulus* (LINNÉ), *Strombus pugilis* LINNÉ, *Trivia pediculus* (LINNÉ), *Cypraea cebra* LINNÉ und *Distorsio anus* LINNÉ trifft man vornehmlich im Gehäuseinneren eine Schalen-schicht an, die im folgenden Kreuzprismen-Schicht genannt werden soll. Besonders in den Gehäusen der untersuchten Pulmonaten fanden sich in der Regel Schalenlagen in der Struktur der Kreuzprismen. In dieser Struktur sind sowohl Elemente der Kreuzlamellen-Schicht, als auch der nadeligen oder sphärolithischen Prismenschicht vertreten. Der Winkel, den die Nadeln der Platten erster Ordnung innerhalb der Kreuzlamellen-Schicht bilden, bleibt in den vertikal zu Wuchsoberfläche angeordneten Prismen der zueinander parallelen Nadeln der Kreuzprismen-Schicht als geneigtes, die nadeligen Prismen durchschneidendes Element erhalten.

Vor dem Übergang in die Kreuzprismen-Schicht verflachen die Nadeln der Kreuzlamellen-Schicht. So messen wir bei *Ancylus fluviatilis* H. MÜLLER vorherrschend einen Winkel von 145° im Bereich der zwei, die Schale zu 90% aufbauenden, normalen Kreuzlamellen-Schichten. Hier sind die Grundelemente, die die Nadeln zusammensetzen, rundlich und messen 0,2 µ im Durchmesser. Im Übergang zur Kreuzprismen-Schicht, die das Gehäuseinnere auskleidet, verlängern sich die Grundelemente der Kreuzlamellen-Nadeln allmählich, bis sie stäbchenförmig geworden sind. Diese Kristallite sind bei *Ancylus* etwa 0,6 µ lang und richten sich mit ihrer längsten Achse vertikal zur Wuchsoberfläche aus. Im Übergang zur Kreuzprismen-Schicht verschwinden die ursprünglichen Nadelbegrenzungen der Kreuzlamellen-Platten fast vollständig, und die stäbchenförmigen Grundelemente vereinen sich zu vertikalen Prismen. Somit verschmelzen Bündel von Nadeln der Kreuzlamelle zu Blöcken, die im Falle von *Ancylus* nun miteinander einen Winkel von 160° bilden. Die einzelnen Elemente der Kreuzprismen-Schicht verlieren nun ihre nadelförmige, gestreckte Gestalt des Übergangsbereiches und nehmen eine rechteckige bis würfelförmige Form an, wobei die Kantenlänge eines solchen Grund-Würfels bei *Ancylus* 0,4 bis 0,6 µ mißt.

Auch bei *Vertigo pygmaea* (DRAP.) finden wir im Übergang von der zentralen Kreuzlamellen-Schicht zur Kreuzprismen-Schicht eine Winkelverflachung von 135° auf 155°. Bei *Iphigena plicatula* (DRAP.) verändert sich der Kreuzlamellen-Winkel von 130° zum Kreuzprismen-Winkel von 155°. Bei *Succinea putris* LINNÉ ist gar eine Verflachung von 110° bis 160° von der einen zur anderen Schicht hin zu verzeichnen.

Bei *Cecliooides acicula* (MÜLLER) beträgt die Nadeldicke in der Kreuzlamellen-Schicht 0,4 µ, wobei schon eine rechteckige Ausformung der Grundelemente hier anzutreffen ist. Auch bei *Pyramidula rupestris* (DRAP.) zeigt die Kreuzlamellen-Schicht bereits auf die Kreuzprismen-Schicht hin abgewandelte Grundelemente. Die Nadeldicke im Falle von *Cecliooides* nimmt im Übergang zur Kreuzprismen-Schicht zu, bis sie in der Kreuzprismen-Schicht 0,6 µ beträgt.

Bei *Cerion uva* (LINNÉ) weisen die stäbchenförmigen Grundelemente der Kreuzlamellen-Schicht im Übergang zur Kreuzprismen-Schicht eine Breite von 0,15–0,2 µ auf und messen in der Länge etwa 0,35 µ. Innerhalb der Kreuzprismen-Schicht zerfallen die vertikalen Prismen bei *Cerion* in Würfel mit einer Kantenlänge von 0,3 bis 0,6 µ. Die mittlere Kreuzlamelle des Gehäuses von *Cerion* dagegen zeigt eine normale Zusammensetzung der Nadeln (Lamellen 3. Ordnung) aus kissenförmigen, rundlichen Grundelementen von 0,2 µ Durchmesser.

Die Kreuzprismen-Schicht bei den oben genannten Mesogastropoden, mit Ausnahme der beiden Arten der *Cypraea*-ceen und *Pomatias*, gleicht den Übergangsbereichen von der Kreuzlamellen- zur Kreuzprismen-Struktur, wie wir sie bei vielen Pulmonaten finden. Hier gibt es noch keine würfelförmigen Prismen-Grundelemente, und die Nadelrichtung der Kreuzlamellen-Struktur ist noch deutlich und häufig sichtbar. Die Grundelemente sind hier rechteckig stäbchenförmig und vertikal zur Wuchsoberfläche ausgerichtet.

Bei *Trivia* und *Cypraea* dagegen zeigt der auf der Schalenaußenseite gebildete Kallus eine ausgereifte Kreuzprismen-Schicht mit nur wenigen Spuren der geneigten Kreuzlamellen-Richtungen. Die Grundelemente sind hier würfelförmig und weisen Kantenlängen von 0,4 bis 0,6 µ bei *Trivia pediculus* und 0,3 bis 0,4 µ bei *Cypraea cebra* auf. Bei *Pomatias elegans* vermittelt eine mature Kreuzprismen-Schicht zwischen Kreuzlamellen-Schicht und sphärolithisch-prismatischer Schicht.

Die kubisch zu rechteckigen Grundelemente der Kreuzprismen-Schicht bauen Nadeln auf, die ihrerseits polygonale Prismensäulen zusammensetzen (Taf. 7, Fig. 3). Bei *Cochlicopa lubricata* (O. F. MÜLL.) zeigt die innere Kreuzprismen-Schicht einzelne, polygonale Kristallitwuchsformen von 0,5 bis 0,7 µ Durchmesser auf der im Vorbau begriffenen Wuchsoberfläche (Taf. 7, Fig. 8).

8. Übergang von der Kreuzprismen-Schicht zur Schuppenschicht

Bei den Pulmonaten *Ferussacia valida* (MOUSSON), (Taf. 8, Fig. 1, 6), *Aplexa hypnorum* (LINNÉ) (Taf. 8, Fig. 4, 5), *Carychium minimum* O. F. MÜLL., *Lauria cylindracea* (DA COSTA), *Cecliooides acicula* (MÜLLER) und dem Prosobranchier *Erato* sp (Taf. 8, Fig. 7, 8) findet sich als weitere Ausformung der Kreuzprismen-Schicht eine aus feinkörnigen und grobkörnigen Komponenten zusammengesetzte Schicht, die im folgenden die Bezeichnung Schuppenschicht tragen soll.

Im Übergang von der Kreuzprismen-Schicht zur Schuppen-schicht treten die zur Oberfläche geneigten Richtungen stärker hervor. Darauf folgend verschwindet eine der geneigten Richtungen, während die andere voneinander unterschiedene Schichtplatten bildet, die im Falle von *Aplexa hypnorum* ungefähr einen Winkel von 40° mit der Wuchsoberfläche bilden. Da die eine der Schichtplatten-Typen an der Oberfläche schuppenförmige Kristallitformen bildet und im Anbruch in der Schicht wie Schuppen übereinandergelagert ist, erklärt sich die Bezeichnung Schuppen-schicht.

Der eine Typ der alternierenden Platten zeigt einen Aufbau aus deutlich würfelförmigen Grundelementen mit Kanten vertikal und horizontal zur Wuchsoberfläche. Im Gegensatz zur Kreuzprismen-Schicht sind diese Grundelemente nicht

in vertikaler Richtung miteinander zu Prismen verwachsen. Bei *Carychium minimum* mißt die Würfellänge der Grundelemente dieses Teils der Schuppen-schicht $0,5$ bis $0,7 \mu$. Im Falle von *Aplexa hypnorum* ließ sich eine mittlere Kantenlänge von $0,4 \mu$ messen (Taf. 8, Fig. 5).

Der andere Typ der alternierenden, zur Wuchsoberfläche geneigten Platten oder Schuppen zeigt im Übergangsbereich von der Kreuzprismen-Schicht zur Schuppen-schicht eine Verschmelzung der würfelförmigen Grundelemente zu Nadeln, die vertikal zur Wuchsoberfläche ausgerichtet sind. In murenen Bereichen der Schuppen-schicht sind die Nadeln ihrerseits verschmolzen, und nun weisen die Schuppen (Platten aus verschmolzenen Einzelelementen) muschelige Bruchflächen auf (Taf. 8, Fig. 5). Die Schuppenbreite schwankt und

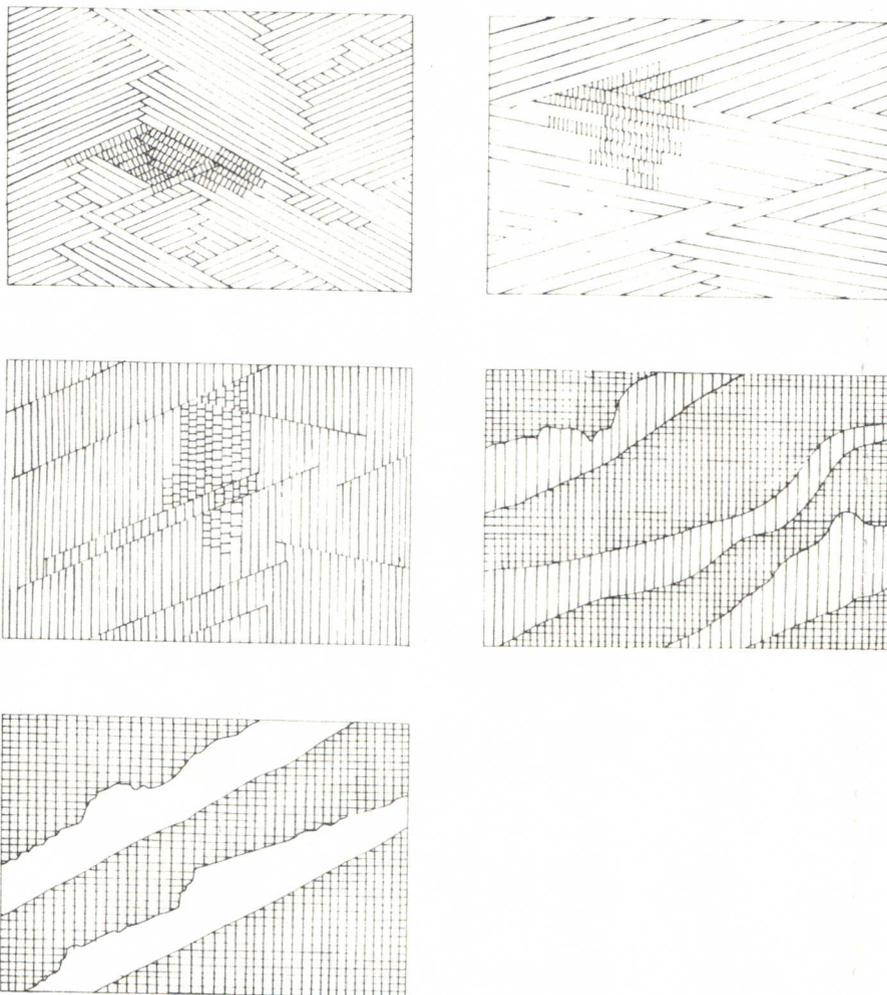


Abb. 5. Vereinfachte Darstellung des Übergangs von der Kreuzlamellen-Struktur (links oben) zur Übergangsstruktur zwischen Kreuzlamelle und Kreuzprismen (rechts oben), zur Kreuzprismen-Schicht (linke Mitte), zur Übergangsstruktur zwischen Kreuzprismen- und Schuppen-Struktur (rechte Mitte) und zur Schuppen-Struktur (links unten). Die Grundelemente sind in der Kreuzlamelle kissenförmig und in den Nadeln aneinandergereiht. Im Übergang zur Kreuzprismen-Struktur werden sie bälkchenförmig und richten sich vertikal zur Wuchsoberfläche aus. In der Kreuzprismen-Schicht und der Schuppen-schicht sind die Grundelemente würfelförmig, verschmelzen jedoch vollständig in den Schuppen.

Simplified drawing of the transition of the crossed-lamellar structure

(upper left) into the intermediary structure between crossed-lamellar and crossed-prismatic (upper right), into the crossed-prismatic structure (left center), to the intermediary structure between crossed-prismatic and scaly layer (right center) to the scaly layer (lower left). The basal elements in the crossed-lamellar layer are of cushion-like shape and arranged in rows in each needle. In the transition to the crossed-prismatic structure they become rod-like and are arranged vertically to the surface of growth. In the crossed-prismatic and the scaly structure the basal elements are of cube-like shape. In the scales of the scaly layer basal elements fuse to such a degree that large, crystal-like, inclined plates are formed.

erreicht bei *Aplexa hypnorum* bis zu 4 μ Dicke. Auch die Länge variiert stark. Bei *Aplexa hypnorum* ließen sich 40 μ lange Schuppen feststellen. die Ober- und Unterkante der muschelartig brechenden Schuppen sind zumeist nicht regelmäßig gerade sondern zeigen treppenartige Abstufungen, wobei die Stufenbreite oft der Breite der Grundelemente der zwischen den Schuppen gelagerten Platten entspricht. Im Falle von *Aplexa hypnorum* zeigen die Stufen der Oberkante von Schuppen etwa 0,4 μ Breite. Oft ist die Schuppenunterkante weniger gestuft und eher gerade in ihrem Verlauf, während die Schuppenoberkante immer unregelmäßig geformt ist (Taf. 8, Fig. 4, 5).

Auf der Wuchsoberfläche zeigt die vorwachsende Schuppen-schicht bei verschiedenen Arten ein recht unterschiedliches Aussehen. Schuppenschichten sind auf den Kallus-Verdickungen der Außen- und Innenlippe vertreten oder auf einer von beiden. Bei *Aplexa hypnorum* treffen wir weite Schuppen an, die dachziegelartig übereinander gelagert sind (Taf. 8, Fig. 4). Hierbei ist die ausstreichende Schuppe zwischen 0,8 und 20 μ breit und die Begrenzung der Schuppen zeigt unterschiedliche Gestalt. Zwischen den dachziegelartigen Schuppen ist die feinkörnige Oberfläche des Vorbaus der Zwischenplatten sichtbar. Hier gibt es keine erkennbaren Kristallformen auf der Oberfläche.

Bei *Carychium minimum* treffen wir 2 μ breite Schuppen, die an der Kante des Vorwuchses auf der Wuchsoberfläche 0,5 μ hoch sind. *Lauria cylindracea* zeigt Schuppen von sechseckiger Gestalt, die mit einer Plattenkante unter die Wuchsoberfläche abtauchen. *Ferussacia valida* Schuppen messen bis 9 μ in der Ausstrichbreite und sind in lockerer Verteilung auf der Wuchsoberfläche anzutreffen (Taf. 8, Fig. 6). Die Vorwuchskante ist hier gewellt. Etwas angeätzte Schuppen zeigen bei *Ferussacia* einen körnigen Aufbau (Taf. 8, Fig. 1). Bei *Ceclioidea acicula* sind rundliche bis dreieckige Schuppen auf der welligen Oberfläche der Innenlippe anzutreffen.

Die Schuppenschicht ist nicht auf die Pulmonaten beschränkt sondern findet sich auch bei heranwachsenden Individuen der Gattung *Erato* (Cypraeace) (Taf. 8, Fig. 7, 8). Hier ist der gesamte Bereich des Innenlippenvorschubs mit Schuppen bedeckt, die eine engere oder weitere Anordnung zeigen (Taf. 8, Fig. 7, 8). Die Schuppen besitzen die Gestalt eckiger Kristalle mit einer scharfen, vorspringenden Kante am Außenrand und ein oder zwei Ecken, die zugespitzte Erhebungen bilden.

9. Der Winkel zwischen den Nadeln der Kreuzlamellen-Schicht

Der Winkel, den die zur Wuchsoberfläche geneigten Nadeln der beiden verschieden gerichteten Platten innerhalb einer Kreuzlamellen-Schicht miteinander bilden, wurde bei einer ganzen Anzahl von Gastropoden verschiedener systematischer Zugehörigkeit gemessen. Oft konnten nur die Verhältnisse an 1 oder 2 Bruchstellen vermessen werden, manchmal liegen eine große Anzahl von Messungen vor. In der folgenden Liste werden die Daten dargestellt:

Art	Überfamilie	Ordnung	Winkel, den die Lamellen 3. Ord. miteinander bilden
<i>Valvata cristata</i>	Valvatacea	Mesogastropoda	130°
<i>Littorina nebulosa</i>	Littorinaacea	"	105°-170°
<i>L. irrorata</i>	"	"	100°
<i>L. striata</i>	"	"	115°
<i>L. meleagris</i>	"	"	130°
<i>L. lineolata</i>	"	"	130°
<i>L. ziczac</i>	"	"	90°
<i>L. angulifera</i>	"	"	110°-130°
<i>Nodilittorina tuberculata</i>	"	"	135°-160°
<i>Echininus nodulosus</i>	"	"	135°-155°
<i>Pomatias elegans</i>	"	"	120°
<i>Petalococonchus varians</i>	Cerithiacea	"	120°
<i>Planaxis nucleus</i>	"	"	105°-115°
<i>Batillaria minima</i>	"	"	120°
<i>Cerithium rupestre</i>	"	"	110°
<i>Contumax nodulosus</i>	"	"	130°
<i>Lambis scorpio</i>	Strombacea	"	120°-150°
<i>Pterocera millepeda</i>	"	"	95°
<i>Strombus sinuatus</i>	"	"	90°-95°
<i>Strombus raninus</i>	"	"	85°-135°
<i>Strombus pugilis</i>	"	"	90°-125°
<i>Terebellum</i> sp.	"	"	115°
<i>Pugnellus</i> sp. (Foss.)	"	"	85°
<i>Calyptraea centralis</i>	Calyptraeacea	"	120°
<i>Crucibulum auriculum</i>	"	"	130°-150°
<i>Capulus hungaricus</i>	"	"	105°-110°
<i>Crepidula fornicata</i>	"	"	135°
<i>Tugurium</i> sp.	"	"	105°-110°
<i>Lamellaria perspicua</i>	Lamellariacea	"	120°-125°
<i>Cypraea tigris</i>	Cypraeacea	"	115°
<i>Cyphoma gibbosum</i>	"	"	90°-120°
<i>Ovula ovum</i>	"	"	115°-130°
<i>Euspira</i> sp. (Foss.)	Naticacea	"	105°-130°
<i>Tonna galea</i>	Tonnacea	"	100°-120°
<i>Charonia variegata</i>	"	"	105°-115°
<i>Cymatium lotorium</i>	"	"	120°
<i>Cassis tuberosa</i>	"	"	110°-135°
<i>Cassidaria nodosa</i> (Foss.)	"	"	105°
<i>Ficus gracilis</i>	"	"	140°
<i>Murex pomum</i>	Muricacea	Neogastropoda	90°-110°
<i>Murex brevivfrons</i>	"	"	40°-160°
<i>Murex beaui</i>	"	"	80°-115°
<i>Murex recurvirostris</i>	"	"	115°-130°
<i>Murex nuttingi</i>	"	"	105°
<i>Risomurex roseus</i>	"	"	115°
<i>Drupa nodulosa</i>	"	"	130°
<i>Thais deltoidea</i>	"	"	100°-125°
<i>Buccinum undatum</i>	Buccinacea	"	85°-145°
<i>Engoniophos guadelupensis</i>	"	"	130°
<i>Columbella mercatoria</i>	"	"	120°
<i>Fasciolaria tulipa</i>	"	"	95°
<i>Dolicholaturus ernesti</i>	"	"	110°
<i>Vasum muricatum</i>	Volutacea	"	80°-90°
<i>Xancus angulatus</i>	"	"	85°-95°
<i>Voluta virescens</i>	"	"	80°-90°
<i>Voluta nobilis</i>	"	"	95°
<i>Conus mus</i>	Conacea	"	100°-130°
<i>Conus jaspideus</i>	"	"	110°-150°
<i>Crassispira</i> sp.	"	"	95°

Art	Überfamilie	Ordnung	Winkel, den die Lamellen 3. Ord. miteinan- der bilden
<i>Clathrodrillia solida</i>	"	"	105°
<i>Daphnella</i>	"	"	"
<i>lymnaeiformis</i>	"	"	100°-110°
<i>Haminoea solitaria</i>	Bullacea	Cephalaspidea	115°
<i>Aplysia brasiliana</i>	Aplysiacea	Anaspidea	115°
<i>Umbraculum</i>	"	"	"
<i>mediterraneum</i>	Umbraculacea	Notaspidea	130°
<i>Melampus coffeus</i>	Siphonariacea	Basommatophora	120°
<i>Siphonaria pectinata</i>	"	"	140°
<i>Acroloxus lacustris</i>	Acroloxacea	"	145°
<i>Lymnaea stagnalis</i>	Lymnaeacea	"	120°-130°
<i>Ancylus fluviatilis</i>	Ancylacea	"	145°-180°
<i>Physa</i> sp.	"	"	110°
<i>Planorbis planorbis</i>	"	"	135°
Orthalicidae gen. indet.	Bulimulacea	Stylommatophora	125°
<i>Zonitoides nitidus</i>	Zonitacea	"	120°
<i>Pupilla muscorum</i>	Pupillacea	"	120°-160°
<i>Lauria cylindracea</i>	"	"	125°
<i>Vertigo pygmaea</i>	"	"	135°-155°
<i>Abida seccale</i>	"	"	150°
<i>Cochlicopa lubricata</i>	"	"	145°
<i>Orcula gularis</i>	"	"	160°
<i>Pyramidula rupestris</i>	"	"	140°-160°
<i>Iphigenia plicatula</i>	Clausiliacea	"	130°
<i>Cerion uva</i>	"	"	110°-160°
<i>Succinea putris</i>	Succinea	"	110°-160°
<i>Cecliooides acicula</i>	Achatinacea	"	160°

Neben der großen Schwankungsbreite der Winkel, die die Nadeln dritter Ordnung miteinander in der Kreuzlamellen-Schicht einer einzigen Art bilden, findet man auch große Variation bei nahe verwandten Arten. In der murenen Kreuzlamellen-Schicht der Gastropoden liegt der Winkel in der Regel zwischen 90° und 130°. Die Betrachtung der aufgeführten Liste zeigt, daß die Winkel, die die Kreuzlamellen-Nadeln miteinander bilden, weder in kleinen noch in großen systematischen Einheiten der Gastropoden gleichartig sind. Aus diesem Merkmal der Kreuzlamellen-Schicht wird sich also kein verwendbares Hilfsmittel für taxonomische und phylogenetische Studien der Gastropoden und wahrscheinlich auch der Mollusken insgesamt herleiten lassen.

Diskussion und Zusammenfassung

Die Kreuzlamellen-Schicht entwickelt sich über eine Reihe von Zwischenstufen aus zwei verschiedenen, basalen, aragonitischen Grundformen.

(1) Im ersten Falle beginnt der Aufwuchs der mineralischen Schale mit Kristalliten, welche die Dimension von Grundelementen besitzen (~ 2 µ). Dieser Fall tritt vornehmlich dort auf, wo das Wachstum im Schutze des Periostrakums erfolgt.

(2) Im zweiten Fall bestehen die basalen, mineralischen Bildungen aus Einzelkristallen oder Aggregaten und Rasen von Einzelkristallen, die in der Regel größer sind als die Grundelemente (2 µ). Der Schutz einer organischen Deckschicht

fehlt hier. Die Ausgangskristallisation, gepaart mit der Ausscheidung organischer Schalenkomponenten, stellt die Außenschicht dar. Dieser Fall ist bei Schalenverheilungen und Septenbildung anzutreffen.

(1) Die zur Kreuzlamellen-Schicht führenden Übergangsschichten können auf die Spitzen der die Kreuzlamellen-Platten zusammensetzenden Nadeln beschränkt bleiben, wie BANDEL [3] (Taf. 1, Fig. 1, 3; Taf. 6, Fig. 2, 3) im Falle der Embryonalgehäuse von *Xancus angulatus* SOLAND. und *Buccinum undatum* LINNÉ (Neogastropoden, Buccinacea) nachwies. Bei adulten Individuen der genannten Art fand BANDEL einen Übergang von nadeligen Prismenschichten direkt zur Kreuzlamellen-Schicht (*Xancus angulatus*) bzw. von anfangs schwach sphärolithisch ausgeformter nadeliger Prismenschicht zur Kreuzlamelle (*Buccinum undatum*, Taf. 6, Fig. 4, 5).

Nach KESSEL's [15] Angaben liegt unter dem Periostrakum von *Natica* (Mesogastropode, Naticacea) eine feine Prismenschicht. Diese läuft dann »strahlen- oder pinselförmig« auseinander. Hierbei bilden sich Bündel heraus, die im Querschnitt polygonal umgrenzt sind. Jedes Bündel besteht dabei aus kleinsten Nadeln, die in ihrer Gesamtheit gleichsinnig ausgerichtet sind. Die Übergangsschicht ist KESSEL's Angaben zufolge sehr dünn und mündet in die Plattenrichtung der Kreuzlamellen-Schicht ein. Hierbei können die Nadeln eines jeden Bündels in mehrere Kreuzlamellen-Platten abgezweigt werden. Diese Beschreibung gilt auch für den bei *Columbella mercatoria* (LINNÉ) beobachteten Übergang von komplex-prismatischer Schicht zur Kreuzlamellen-Schicht. Allerdings finden wir bei *Columbella* an der Basis keine Prismenschicht, sondern auf die aus unregelmäßig Grundelementen zusammengesetzte Basallage folgend, eine dünne Sphärolithsektoren-Schicht.

Einen Übergang in der Art, wie sie KESSEL für *Natica* beschrieb, beobachtete BANDEL ([3] Taf. 4, Fig. 3) bei der Umformung der den ersten Vorschub der Innenlippe bildenden Prismenschicht in die Kreuzlamellen-Schicht bei *Xancus angulatus*.

Bei *Valvata cristata* O. F. MÜLL. vermittelt zwischen einer unregelmäßig blockigen, basalen Prismenschicht und der komplex-prismatischen Prismenschicht eine einlagige dendritische Schicht (BANDEL [4], Taf. 2, Fig. 1).

Es zeigen sich also hier bereits eine Vielzahl von Möglichkeiten der Herausformung der Kreuzlamellen-Schicht unter dem Periostrakum an:

A. Kreuzlamellen-Platten können sehr unvermittelt dem Periostracum anliegen, wie bei der Embryonalchale von *Xancus angulatus* und *Fasciolaria tulipa* SOLAND. Außerdem wurde eine unvermittelte Folge auf das Periostracum bei den Adultgehäusen von *Zonitoides nitidus* O. F. MÜLL., *Succinea putris* (LINNÉ) und *Acroloxus lacustris* (LINNÉ) beobachtet.

B. Eine erste Prismenschicht kann zwischen Periostracum und Kreuzlamellen-Schicht gelegen sein, wie im Außenlippenvorbau adulter *Xancus angulatus* Individuen, im Adultgehäuse von *Conus mus* HWASS und im Embryonalgehäuse von *Aporrhais pespellicani* LINNÉ.

C. Vor die Prismenschicht kann sich eine dünne, spärolithische Lage einschalten (*Buccinum undatum*, adulter Außenlippenvorbau).

D. Eine unregelmäßige Schicht kann in eine dünne Sphärolithsektoren-Schicht übergehen, diese in eine komplex-prismatische Schicht, die ihrerseits in die Kreuzlamelle einmündet (*Columbella mercatoria* LINNÉ Außenlippenvorbau; *Vitrinella* sp. Adultgehäuse, *Littorina tricornis* (DESH.) Außenlippenvorbau).

E. Unter dem Periostracum finden sich als erste Bildungen sphärolithische Halbkugeln, die über Sphärolithsektoren in die komplex-prismatische Schicht einmünden, die ihrerseits in die Kreuzlamelle überleitet (beobachtet bei *Haminoea solitaria*, *Aplysia brasiliana* und *Perforatella rubiginosa* Gehäusen).

F. Eine basale, nadelig-prismatische Schicht kann sich in eine komplex-prismatische Schicht umformen, die dann in die Kreuzlamelle überleitet (*Natica*).

G. Zwischen prismatischer und komplex-prismatischer Schicht kann noch eine dendritische Schicht vermitteln (*Valvata cristata* Embryonalgehäuse).

H. Zwischen Prismenschicht und Kreuzlamellen-Schicht kann auch eine nadelige Lamellenschicht zwischengeschaltet sein, wie im Falle des Embryonalgehäuses von *Ancylus fluviatilis* zu beobachten ist.

BIEDERMANN [7] beobachtete beim Mündungsvorbau von *Helix* (Pulmonata) einen »Stalaktiten ähnlichen« Ansatz der Kreuzlamellen-Schicht an das Periostracum. Er und KESSEL [15], [16] sind die einzigen, die bei Gastropoden im Detail den Übergang zur Kreuzlamelle beschrieben. HAAS [13] erwähnt, daß bei Scaphopoden zwischen einer nadeligen Prismenschicht und Kreuzlamellen-Schicht, welche unter dem Periostracum gelegen ist, eine »crossed acicular structure« eingelagert ist, die nach Fig. 4 und 5 der komplex-prismatischen Struktur entsprechen könnte. Bei Muscheln sind Äquivalente dieser Schicht als »complex crossed lamellar« (KENNEDY, MORRIS und TAYLOR ([14], Abb. 6c, Taf. 74, Fig. 3 und TAYLOR, KENNEDY und HALL ([24], Abb. 29) bezeichnet worden. Sie werden charakterisiert als aus »laths in four of more directions« bestehend. Ob die »complex structure« von KOBAYASHI [17] hierher gehört, ist von einer Beschreibung und aus Fig. 8 nicht klar ersichtlich. Auch die »complex crossed lamellar« Schicht, die WISE [28] an *Anadara notabilis* (RÖDING) (taxodonte Muschel) beobachtete, läßt sich nicht klar der komplex-prismatischen Schicht zuordnen, da sie aus langen Nadeln zusammengesetzt sein soll, die ihrerseits längliche Einheiten mit zugespitzten Enden aufbauen.

(2) Den ersten kristallinen Bildungen, die bei der Verheilung von Gehäuseverletzungen, beim Abschluß von Hohlräumen (apikale Restlumina, Hohlstachel, Hohlkiele) durch Septen bei Mollusken auftreten, ist eine umfangreiche Literatur gewidmet. Nach BIEDERMANN [7] stellte schon RÉAUMUR (1709) Regenerationsversuche an Gehäusen von *Helix*-Arten an. Er brach aus dem Gehäuse von Weinbergschnecken Stückchen heraus und legte an ihre Stelle feine Lederlappen.

Nach seinen Beobachtungen bildete sich unter und an diesen Lappen neue Schalensubstanz. MOYNIER DE VILLEPOIX [20] untersuchte Regeneration bei *Anodonta* (Muschel) und *Helix aspersa* (Pulmonata) und BIEDERMANN [7] bei *Helix pomatia*. Sie fanden an Holz, Leder oder Glas, welche zur Bedeckung der Verletzung verwendet wurde, Sphärolithe und Weizenkorn-Aggregate, sowie Übergänge zwischen beiden (Doppelsemmeln BIEDERMANN's), eingelagert in organische Lagen, die denen des Periostrakums nicht vergleichbar sind. Die in den ersten Ablagerungen locker in der organischen Schalensubstanz verteilten Kristallbildungen schließen sich, nach BIEDERMANN, nach innen hin zusammen und führen in allmählichem Übergang zu normalen Schalenschichten (Kreuzlamellen).

ANDREWS [2] erweiterte die Regenerationsuntersuchungen auf *Pleurodonte arangiana* POEY (Pulmonata) und verschiedene Arten von *Neritina* (Archaeogastropoda) und bestätigte die Befunde der älteren Autoren. Er fand bei *Neritina* Weizenkorn-Aggregate von bis 7 μ Länge und Sphärolithe von 30 μ Durchmesser, eingelagert in organischer Substanz, in der ersten Regenerationsabscheidung. Bei *Pleurodonte* erreichten die Sphärolithe sogar eine Größe von 6 μ . KESSEL [15] berichtete, daß bei *Viviparus* (Mesogastropoda) die Schalenverheilung über eine sphärolithische Vorstufe verläuft.

In jüngster Zeit zeigten Untersuchungen von WILBUR [26], ABOLINS-KROGIS [1], MEENAKSHI, DONNAY, BLACKWELDER und WILBUR [19] und WATABE [25] ähnliche Ergebnisse. Allerdings fanden diese Autoren neben aragonitischen Bildungen auch Vaterit und Kalzit in den ersten Ausscheidungen der Verheilung. Die beobachtete Koexistenz von Kalzit und Aragonit auf der gleichen, die Verletzung abdeckenden Schicht scheinen auf Landschnecken beschränkt zu sein. BANDEL [3] fand, daß die Embryonen der Neogastropode *Xancus angulatus* SOLAN. ihre Eikapsel verlassen ohne im apikalen Gehäusebereich schon vollständig durch mineralische Schale geschützt zu sein. Es kommt nach dem Schlüpfen der Jungtiere zu einem schnellen Abschluß des Gehäuses durch in mehrere Schichten aufeinander gelagerte, miteinander verfilzte Einzelkristalle und Weizenkorn-Aggregate (BANDEL [3]), (Taf. 1, Fig. 4, 5, 6; Taf. 2, Fig. 1). Diese Kristalle bestehen jedoch immer aus Aragonit. Ebenso steht es mit den ersten Bildungen bei Septen von marinen Gastropoden, welche apikale Restlumina, Stachel, Hohlkiele und andersartige Resträume abschließen (BANDEL [3]), BANDEL und HEMLEBEN [6]. Letztere Autoren untersuchten die Septen einer Vielzahl von Gastropoden mit aragonitischem Gehäuse und fanden Kalzit nur als durch Änderung des Chemismus in Gehäuse-Hohlräumen eingeschlossenen Lösungen ausgeschieden, nie aber in vom Tier noch direkt beeinflussten Ausscheidungen des Mantels.

Biokristalle wachsen nach der Definition, die BANDEL und HEMLEBEN [6] ihrer Studie wiedergaben, unter dem Einfluß des Mantelepithels in vom Organismus geregelten und vorgegebenen Bahnen. Daneben beobachtet man immer wieder anorganisches Kristall-Wachstum in vom Organismus ausgeschiedenen Lösungen.

BANDEL [3] stellte fest, daß die mineralischen Schalenabscheidungen eine deutliche Abstufung in der Komplexität ihrer Ausformung zeigen. Die einfachste und schnellste

Kalkabscheidung erfolgt durch Sekretion eines CaCO_3 -reichen Schleims durch das Mantelepithel. In diesem Schleim erfolgt dann ohne weitere ordnende Einflußnahme des Gewebes eine Auskristallisation von Aragonit-Einzelkristallen und Kristallaggregaten, gefolgt von einer Polymerisation oder Reaktion organischer Komponenten. Letztere verbinden die Kristallaggregate durch Fibern und Schichtplatten (BANDEL [3], Taf. 5, Fig. 2, 3, 4; Taf. 8, Fig. 4, 3). Diese Befunde an Neogastropoden-Arten wurden in der Studie von BANDEL und HEMLEBEN [6] auf über 60 rezente Arten der Archäo-, Meso- und Neogastropoden erweitert und bestätigt.

Erst nachdem bei der Schalenverheilung oder beim Abschluß von Gehäusehöhlräumen eine feste, lösungsundurchlässige Schicht abgeschieden ist, können im direkten Kontakt zum Mantelepithel Biokristalle aufgebaut werden, welche aus Grundelementen zusammengesetzt sind. BANDEL [3], Taf. 8, Fig. 1) beobachtete in den Septen von *Xancus angulatus* und *Buccinum undatum* auf sphärolithisch strukturierter, ungeordneter Unterlage den Aufwuchs von Prismenschichten. Die Einzelkristalle dieser ersten Prismenschicht wandeln sich in gleichdicke Nadeln um, die aus Grundelementen zusammengesetzt sind. Darunter münden die Nadeln der nadeligen Prismenschicht, im Septum, direkt in die Lamellen 3. Ordnung der Kreuzlamellen-Platten ein.

Bei *Charonia variegata* LAMARCK Septen schaltet sich zwischen die Kristallaggregate der ersten Schicht (BANDEL & HEMLEBEN [6], Abb. 5) und die folgende Kreuzlamellen-Schicht eine nadelige Lamellen-Schicht ein. In Septenteilen von *Murex brevifrons* LAMARCK kann der Übergang von der Prismenschicht zur Kreuzlamellen-Schicht über die überkreuz-nadelige Schicht verlaufen (BANDEL [4], Taf. 4, Fig. 3). Im Falle der Schalenverheilung bei *Neritina virginea* LINNÉ finden wir sowohl von Sphärolithen und Weizenkorn-Aggregaten ausgehende aragonitische Kristallbildungen, als auch solche, die mit feinen, blockigen Prismenrasen beginnen. Im letzteren Fall verläuft die weitere Entwicklung hin zur Kreuzlamellen-Struktur in der gleichen Weise, wie bei *Columbella mercatoria* LINNÉ im Schutze des Periostraeums beobachtet wurde. Sie verläuft über die Zwischenstufen einer dünnen Sphärolithsektoren-Schicht, gefolgt von komplex-prismatischer Struktur. Von den Kristallaggregaten ausgehend formen sich bei *Neritina virginea* gleich die Bündel der komplex-prismatischen Struktur heraus.

Auch hier bestehen also viele Möglichkeiten der Herausformung der Kreuzlamellen-Schicht. Den Ausgang bilden Einzelkristalle, aus Einzelkristallen zusammengesetzte Aggregate und nadelige Prismenschichten gefolgt von nadeliger Lamellen-Schicht, Sphärolithsektoren-Schicht, überkreuz-nadeliger Schicht und komplex-prismatischer Schicht.

Die Struktur der Kreuzlamellen-Schicht erkannte BIEDERMANN [7] bereits in allen Größenordnungen bis herab zur Nadel. Er nannte Kreuzlamellen-Schichten mit dünnen Plättchen, Blätterschicht und mit dickeren Platten, Bänder-Schicht. Ihm war klar, daß die Blätter der Platten bzw. Lamellen 1. Ordnung aus Fasern bzw. Nadeln (Lamellen 3. Ordnung) zusammengesetzt sind, die sich in quergestellte Lamellen oder Bündel anordnen können (Lamellen 2. Ordnung). BOGGILD [8] fand nur die Kreuzlamellen-Platten

(Lamellen 1. Ordnung) und in ihnen querliegend Lamellen 2. Ordnung. Nach seinen Vorstellungen sollen die Lamellen 2. Ordnung auch 1μ dick sein. Nach der Rekonstruktion von MACCLINTOCK [18] besteht die Kreuzlamellen-Schicht einiger Archaeogastropoden aus Lamellen 1., 2. und 3. Ordnung. Die Lamellen 3. Ordnung sollen $0,5 \mu$ dick sein und einen rechteckigen Querschnitt aufweisen. WISE [28] fand bei *Anadara* Kreuzlamellen-Nadeln von $0,4-0,5 \mu$ Breite und $0,15 \mu$ Dicke. Er meinte, daß der Unterschied zur von MACCLINTOCK dargestellten Schnecken-Kreuzlamelle darin bestünde, daß die Lamellen 2. Ordnung bei ihnen um vieles dicker seien als bei Muscheln. Er sah hierin Möglichkeiten zur taxonomischen Unterscheidung der Muschel von der Schnecken-Kreuzlamelle.

HAAS [12] beschrieb die Kreuzlamellen-Schicht der Placophorenschale und fand gleichförmige Plattendicken ($3-5 \mu$) und $0,2-0,3 \mu$ dicke Nadeln ohne Anordnung zu Lamellen 2. Ordnung. Er meinte, daß das Fehlen der Lamellen 2. Ordnung und der Winkel von $105-120^\circ$, unter dem sich die Nadeln der Placophoren-Kreuzlamellen-Schicht miteinander kreuzen, diese von der Kreuzlamelle anderer Mollusken absetzt.

Aus den jetzt vorgelegten Daten wird m. E. ersichtlich, daß es unterhalb der Lamelle 3. Ordnung noch weitere, kleinere Untereinheiten gibt, die Grundelemente. Dieses, in der Regel etwa $0,2 \mu$ im Durchmesser aufweisende kleinste Bausteinchen der Kreuzlamellen-Schicht ist auch zugleich das Bausteinchen der zur Kreuzlamelle hinführenden, einfacheren aus Biokristallen zusammengesetzten Strukturen. Demnach wäre der BIEDERMANNschen Unterteilung in drei Elemente, die die Kreuzlamellen-Schicht zusammensetzen, noch ein 4. Element hinzuzufügen. Der Begriff Lamelle läßt sich ja eigentlich auch nur für die Lamellen 1. und 2. Ordnung anwenden. Die Lamelle 3. Ordnung ist nadeliger Gestalt, manchmal rechteckig im Querschnitt, meist jedoch quadratisch bis rundlich. Dies trifft sicherlich auch für die von WISE und MACCLINTOCK beschriebenen Typen zu. Es ist sehr gut möglich, daß diese Autoren Kreuzlamellen-Schichten im Übergang zur Kreuzprismen-Schicht beobachteten, oder gar letztere allein. Hier finden wir deutlich rechteckige Nadelformen und breitere geneigte Balken.

Da der Winkel der Nadeln gegeneinander gerichteter Platten der Kreuzlamellen-Schicht variabel sein kann, sogar bei einzelnen Individuen innerhalb einer Art und auch die Plattenbreite sehr schwanken kann, läßt sich die Placophoren-Kreuzlamelle in dieser Hinsicht m. E. nicht von der anderer Mollusken allgemein abtrennen, wie HAAS vermutete. Auch der sehr gleichförmige Verlauf der Platten und das Fehlen der Lamellen 2. Ordnung ist bei Gastropoden nicht selten zu finden.

In den Altersbildungen der Schalenabscheidungen von Gastropodengehäusen treffen wir oft den Übergang von Kreuzlamellen-Schichten zu einfacheren Strukturen in umgekehrter Richtung als bisher beschrieben. Hier formt sich die Kreuzlamellen-Schicht in unterschiedlicher Weise zu einfacheren Strukturtypen um oder tritt mit ihnen in Wechsellagerung. BANDEL ([3], Taf. 4, Fig. 4, 6) beobachtete bei *Xancus angulatus*, daß sich die Wechselfolge von Wachstum und Wachstumsunterbrechung in einer Wechselfolge von Kreuzlamel-

len und nadeligen Prismenschichten niederschlägt. Auch hier war zu beobachten, daß über die Prismenschicht hinaus die Richtungen der in der Kreuzlamelle ausgebildeten Lamellen der 1. und 2. Ordnung und der Nadeln erhalten blieb.

Den Übergang von der Kreuzlamellen-Schicht zur sphärolithisch-prismatischen Schicht beobachtete KESSEL [16] bei *Aporrhais pespelecani* LINNÉ (Mesogastropoda, Strombacea). Er fand, daß in der Außenlippe adulter Individuen dieser Art der normale Baustil (durch Kreuzlamellen-Schicht) verlassen wird, ohne daß eine scharfe Grenze zur Kreuzlamelle ausgebildet ist. Auch bemerkte er, daß die Nadeln der sphärolithisch-prismatischen Schicht breiter sein können als die der Kreuzlamellen-Schicht und der Sphärolithsektoren-Schicht. Seither fand dieser Schichttyp bei Gastropoden keine Beachtung mehr. Der Beschreibung von KESSEL wäre demnach nur noch anzufügen, daß die Nadeln der sphärolithisch-prismatischen Schicht sich aus Grundelementen recht unregelmäßigen Umrisses zusammensetzen. Diese Schicht ist besonders deutlich bei Strombaceen, aber auch bei zahlreichen anderen Meso- und Neogastropoden anzutreffen. Bei Placophoren beobachtete HAAS [12] in den Lagen des Myostrakums sphärolithisch-prismatische Schichten, die sich im allmählichen Übergang aus der Kreuzlamellen-Schicht herleiten. Sie bilden etwa 5 µ breite Säulen, die aus etwa 0,3 µ breiten Nadeln bestehen.

Sphärolithsektoren-Schichten, als von der Kreuzlamellen-Schicht abgeleiteter Struktur, tritt bei den Gastropoden selten auf. BØGGILD [8] beschrieb sie als »composite prismatic structure« bei *Buccinum undatum*. Er, wie auch KESSEL [15] hielt sie für direkt unter dem Periostrakum abgelagert, noch vor der Prismen- oder Kreuzlamellen-Schicht. BANDEL ([3], Taf. 7, Fig. 2, 3, 4, 5) zeigte dagegen, daß die Sphärolithsektoren-Schicht bei *Buccinum* vielmehr eine ontogenetisch spät auftretende Schicht ist, die erst bei jungen Individuen dann auftritt, wenn die dritte Gehäusewindung erreicht ist. Auch erscheint sie immer als Innenschicht unter den Kreuzlamellen-Schichten. Sie leitet sich von der Kreuzlamellen-Schicht in fließendem Übergang her. Eine komplex-prismatische Schicht kann zwischen Kreuzlamellen- und Sphärolithsektoren-Schicht eingeschaltet sein. Die Zusammensetzung bleibt für alle drei Strukturtypen gleich, indem die Grundelemente jeder Nadel eine einfache Reihe bilden.

Bei Muscheln treten Sphärolithsektoren-Schichten ebenfalls auf. TAYLOR, KENNEDY und HALL [24] schlossen Strukturen dieser Zusammensetzung unter anderen mit in die Bezeichnung »prismatic structures« ein und KOBAYASHI [17] folgte BØGGILD [8], indem er sie »composite prismatic structure« nannte. HAAS [12] beobachtete Sphärolithsektoren-Schichten im Tegumentum der Placophoren-Schalen.

Weitere Abwandlungen der Kreuzlamellen-Schicht in Altersablagerungen im Inneren des Gastropodengehäuses führen zu der nadeligen Lamellen-Schicht ähnlichen oder ihr gleichenden Strukturen. KOBAYASHI [17] erwähnte eine bei Muscheln entwickelte Aragonitstruktur ähnlich der kalzitischen »foliated structure«, die er »fibrous structure« nennt. Möglicherweise handelt es sich dabei um der nadeligen Lamellenstruktur von *Tectarius muricatus* LINNÉ oder *Planaxis nucleus* BRUG. ähnlichen Bildungen.

Die Kreuzlamellen-Struktur ist eng mit der Schraubenstruktur der Pteropoden verknüpft, wie BANDEL [4] im Detail zeigte. Gebogene Nadeln lassen sich in der Kreuzlamellen-Schicht hin und wieder bei Gastropoden aller systematischen Ordnungen beobachten, wie etwa in der Schale von *Ferussacia lanzarotensis* (MOUSSON) (Taf. 7, Fig. 1), bei den Innenwänden der Gehäuse von Calyptraeaceen (*Crepidula*, *Crucibulum*), sowie in den Stacheln der Gehäuse von Strombaceen, Calyptraeaceen und Muricaceen.

Der Übergang von der Kreuzlamellen-Schicht zur Kreuzprismen-Schicht und die weitere Umwandlung der Kreuzprismen-Schicht zur Schuppenschicht wurde bisher in der Literatur noch nicht beschrieben. Die überkreuzt nadelige Schicht der Pteropoden und des Septums von *Murex brevifrons* LAMARCK wurde von BANDEL [4] mit der Schichteinheit verglichen, die hier nun Kreuzprismen-Schicht genannt wird. Während in der überkreuzt-nadeligen Schicht die Nadeln der beiden vorhandenen Richtungen einander nicht gegenseitig zerschneiden, ist dies in den Innenschichten der Gehäuse von *Strombus pugilis* LINNÉ, *Modulus modiolus* LINNÉ, *Cassis tuberosa* LINNÉ und *Distortio anus* (LINNÉ) der Fall (BANDEL [4], Taf. 4, Fig. 5). Hier in der Kreuzprismen-Schicht durchdringen und zerschneiden sich die Nadeln der beiden Richtungen gegenseitig, während sie bei den Pteropoden voneinander geschieden bleiben.

Die wichtigsten Kriterien der Kreuzprismen-Schicht bestehen darin, daß in ihrer Struktur die nadelförmigen Komponenten der nadeligen Prismenschicht und die geneigten Komponenten der Kreuzlamellen-Plattenrichtungen vereint sind. Bei einigen Pulmonaten, wie etwa *Pyramidula rupestris* (DRAP.), zeigt die Kreuzlamellen-Struktur in allen Schalenanteilen bereits einen Übergang zur Kreuzprismen-Struktur, indem die Grundelemente, die die Nadeln zusammensetzen, stäbchenförmig sind und vertikal zur Wuchsoberfläche ausgerichtet sind.

Im Übergang zur Schuppenschicht findet eine weitere Umgestaltung der Kreuzprismen-Schicht dergestalt statt, daß eine der geneigten Kreuzlamellen-Plattenrichtungen wegfällt und zudem die vertikale, nadelige Ausrichtung so weit zurückgebildet wird, daß muschelartig brechende Schuppen und nicht nadelige Platten zwischen den Schuppen übrigbleiben. Die würfelförmigen Grundkomponenten, die die Platten zusammensetzen, bleiben aber in ihrer Ausrichtung genau wie vorher in der Kreuzprismen-Schicht. D.h. die Kanten der Grundelemente sind vertikal und horizontal zur Wuchsoberfläche ausgerichtet.

Im Übergang von der Perlmutter-Schicht zur Prismenschicht treten auch bei den Archaeogastropoden der Schuppenschicht vergleichbare Schichten auf, die GAINY und WISE [11] »oblique prismatic layer« nannten. Aufblick auf die Wuchsoberfläche solcher Schichten mit geneigten Kristallitplatten zeigen auch Bilder in den Studien von ERBEN ([9], Taf. 3, Fig. 1-4), WISE ([27], Abb. 11), GAINY und WISE ([11], Fig. 1-3) und BANDEL ([5], Taf. 3, Fig. 2, 7). Im Falle der Archaeogastropoden leitet sich die der Schuppenschicht ähnliche Schicht nicht von der Kreuzlamellen-Schicht her, sondern von der Perlmutter-Schicht.

Die ausstreichenden Schuppen der Schuppenschicht zeigen bei verschiedenen Arten oft ganz charakteristische Gestalt. SOLEM [21], [22] und SOLEM und LEBRYK [23] beschrieben eine ganze Reihe von Schuppenformen wie sie im Mündungsbereich der Gehäuse von Pulmonaten auftreten. Die Autoren kamen dabei zu dem Schluß, daß Form und Verteilung der Schuppen von taxionomischem Wert für eine ganze Reihe von Pulmonaten-Familien ist.

Literaturverzeichnis

- [1] ABOLINS-KROGIS, A.: Shell regeneration in *Helix pomatia* with special reference to the elementary calcifying particles. — Symp. Zool. Soc. London, 22: 75–79, (1968).
- [2] ANDREWS, E. A.: Shell repair by the snail *Neritina*. — Jour. Exper. Zool., 70: 75–107, (1935).
- [3] BANDEL, K.: Entwicklung der Schale im Lebenslauf zweier Gastropodenarten; *Buccinum undatum* und *Xancus angulatus* (Prosobranchier, Neogastropoda). — Biom mineralisation, 8: 67–91, (1975).
- [4] BANDEL, K.: Die Herausbildung der Schraubenschicht der Pteropoden. — Biom mineralisation, 9: 73–85, (1977).
- [5] BANDEL, K.: The Nacreous Layer in the Shells of the Gastropod-Family Seguenziidae and its Taxionomic Significance. — Biom mineralisation. — (im Druck)
- [6] BANDEL, K. und HEMLEBEN, C.: Anorganisches Kristallwachstum bei lebenden Mollusken. — Paläont. Z., 49: 298–320, (1975).
- [7] BIEDERMANN, W.: Untersuchungen über Bau und Entstehung der Molluskenschalen. — Jena Z. Naturw., 36: D. F. 29: 1–164, (1902).
- [8] BØGGILD, O. B.: The shell structure of the mollusks. — Kong. danske Vidensk. Selsk. Skr., Raekke 9, 2 (2): 233–326, (1930).
- [9] ERBEN, H. K.: Anorganische und organische Schalenkomponenten bei *Cittarium pica* (L.) (Archaeogastropoda). — Biom mineralisation, 3: 51–64, (1971).
- [10] ERBEN, H. K.: Über die Bildung und das Wachstum von Perlmutter. — Biom mineralisation, 4: 15–46, (1972).
- [11] GAINY, L. F. und WISE, S. W.: Archaeogastropod (Mollusca) shell: Functional morphology of the oblique prismatic layer. — Trans. Amer. Micros. Soc., 94: 411–413, (1975).
- [12] HAAS, W.: Untersuchungen über die Mikro- und Ultrastruktur der Polyplacophorenschale. — Biom mineralisation, 5: 3–52, (1972).
- [13] HAAS, W.: Micro- and Ultrastructure of Recent and fossil Scaphopoda. — 24th IGC, 1972, Section 7: 15–19, (1972).
- [14] KENNEDY, W. J., MORRIS, N. J. und TAYLOR, J. D.: The shell structure, mineralogy, and relationships of the Chamacea (Bivalvia). — Palaeontology, 13: 379–413, (1970).
- [15] KESSEL, E.: Über die Schale von *Viviparus viviparus* L. und *Viviparus fasciatus* MÜLL. — Z. Morph. Ökol. Tiere, 27: 129–198, (1933).
- [16] KESSEL, E.: Über Bau und Bildung des Prosobranchier-Dekels. — Z. Morph. Ökol. Tiere, 38: 197–250, (1941).
- [17] KOBAYASHI, I.: Microscopic observations on the shell structure of Bivalvia. I. *Barbatia obtusoides* (Nyst.). — Sci. Rep. Tokyo Kyoiku Daig. (Sec. C), 8: 295–301, (1964).
- [18] MACCLINTOCK, D.: Shell structure of Patelloid and Bellerophonitid gastropods (Mollusca). — Bull. Peabody Mus. Nat. Hist., Yale Univ., 22: 140 S., (1967).
- [19] MEENAKSHI, V. R., DONNAY, G., BLACKELDER, P. L. und WILBUR, K. M.: The influence of substrata on calcification patterns in molluscan shell. — Calc. Tissue. Res. 15: 31–44, (1974).
- [20] MOYNIER DE VILLEPOIX, R.: Recherches sur la formation et l'accroissement de la coquille des Mollusques. — J. Anat. Physiol. norm. et. pathol. de l'Homme et des Animaux, 461–518 und 582–574 (1892–1893).
- [21] SOLEM, A.: Microarmature and barriers in the apertures of land snails. — The Veliger, 15: 81–87, (1972).
- [22] SOLEM, A.: Apertural barriers in Pacific island land snails of the families Entodontidae and Charopidae. — The Veliger, 15: 300–306, (1973).
- [23] SOLEM, A. und LEBRYK, S.: Apertural microprojection size correlations in pupillid and polygyrid land snails. — The Veliger, 19: 115–120 (1976).
- [24] TAYLOR, J. D., KENNEDY, W. J. und HALL, A.: The shell structure and mineralogy of the Bivalvia. I. Introduction. Nuculacea-Trigoniacea. — Bull. Brit. Mus. (Natural History), Zool., Suppl. 3: 1–125, (1969).
- [25] WATABE, N.: Studies on shell formation. Crystal-matrix relationships in the inner layer of mollusc shells. — J. Ultrastruct. Res., 12: 351–370 (1965).
- [26] WILBUR, K. M.: Shell formation and regeneration. In: Physiology of Mollusca (K. M. Wilbur and C. W. Yong. eds.), Vol. 1; 243–282, New York, Academic Press, (1964).
- [27] WISE, S. W.: Study of molluscan shell ultrastructures. — Scanning electron microscopy/1969, Proc. sec. Ann. Sc. Elec. Micr. Symp., III Research Inst., Chicago, Ill., O. JOHARI. ed.: 205–216, (1969).
- [28] WISE, S. W.: Shell ultrastructure of the taxodont pelecypod *Anadara notabilis* (RÖDING). — Eclogae geol. Helv., 64: 1–12, (1971).

Tafelerklärungen

TAFEL 1

Alle Figuren dieser Tafel stammen von Septen des Gehäuses von *Charonia variegata*.

All figures shown in plate 1 represent details of septa of the shell of *Charonia variegata*.

Fig. 1. Der aufgebrochene Gehäuseapex zeigt ein sekundär eingefügtes Septum.

The opened apex of the shell shows a septum which was secreted secondarily. x 17; L.Nr. 34894; A.Nr. 1248.

Fig. 2. Einzelkristalle und miteinander verwachsene Einzelkristalle, die durch organische Lagen miteinander verbunden sind, bilden die äußerste Lage des Septums.

Single crystals and crystals intergrown with each other are held together by organic sheets. Both together form the outermost, earliest portion of a septum, secreted at first. x 845; L.Nr. 34892; A.Nr. 1248/39.

Fig. 3. Die Kristallaggregate der ersten Schalenbildung eines Septums durch den zurückgezogenen Eingeweidesack sind durch fibröse und schichtige organische Substanz miteinander verbunden. The first shell secretions of the withdrawn visceral mass are composed of crystal-aggregations connected to each other by fibrous or sheet-like organic substance. x 1760; L.Nr. 34896; A.Nr. 1248/43.

Fig. 4. Aus wenigen Einzelkristallen zusammengesetzte Aggregate werden durch organische Fiber und Lamellen zusammengehalten. Aggregates composed of a few single crystals are held together by organic fibres and sheets. x 3325; L.Nr. 34893; A.Nr. 1248/40.

Fig. 5. Tönnchenförmige Aggregate von miteinander verwachsenen Einzelkristallen sind miteinander durch organische Lamellen verbunden.

Barrel-shaped aggregates composed of intergrown single crystals are connected to each other by organic sheets. x 880; L.Nr. 34897; A.Nr. 1248/44.

Fig. 6. Hantelförmige Kristallaggregate stellen den Übergang vom Weizenkorn- zum Tönnchen-förmigen Kristallaggregat zu kugelig sphärolithischen Aggregaten (siehe auch Fig. 10).

Dumb-bell-like crystal aggregates form the transition from barrel to spindle-shaped aggregates to such of spherical shape and spherulitic construction (see also fig. 10). x 370; L.Nr. 35507; A.Nr. 1268/42 A.

Fig. 7. Ein quergebrosenes, kugeliges Kristallaggregat der ersten Septenschichten zeigt seinen Aufbau. Anfangs sind fast parallel zueinander ausgerichtete Kristalle ausgebildet (Weizenkorn- oder Tönnchen-förmiges Aggregat), darauf folgt radiäre Ausbildung der Nadeln im kugeligen Sphärolith.

The fractured spherical crystal-aggregation of the first secreted septal layers demonstrates in its center needle-like crystals that are almost parallel to each other, surrounded by needle-crystals in spherulitic arrangement. x 735; L.Nr. 34878; A.Nr. 1248/25.

Fig. 8. Das aufgebrochene Septum zeigt die kugeligen Kristallaggregate zuerst abgeschiedener Schichten. Die Aggregate sind untereinander durch organische Lagen verbunden.

The fractured septum demonstrates spherical crystal aggregations of the first formed layers. The aggregates are connected to each other by organic sheets. x 75; L.Nr. 34877; A.Nr. 1248/24.

Fig. 9. Das aufgebrochene Septum zeigt nach innen hin sich zusammenschließende, kugelige Kristallaggregate. Die faserigen Einzelkristalle richten sich so aus, daß sie parallel zueinander nach innen weisen und eine Prismenschicht bilden.

The fractured septum demonstrates spherical crystal aggregations (spherulites) that intergrow with each other near their base. The slender single crystals orient themselves parallel to each other, thus forming a prismatic layer. x 145; L.Nr. 34876; A.Nr. 1248/23.

Fig. 10. Sphärolithe und hantelförmige Aggregate, die durch organische Lamellen miteinander verbunden sind, bilden hier die äußerste, primäre Schicht des Septums. x 190; L.Nr. 34875; A.Nr. 1248/21.

Fig. 11. Unterschiedliche große Sphärolithe der äußersten Schicht eines Septums sind durch organische Lagen verbunden.

Differently large spherulites connected to each other by organic sheets form the outer layer of a septum. x 48; L.Nr. 35504; A.Nr. 1268/39 A.

TAFEL 2

Fig. 1. Ein quergebrosenes, dünnes Septem von *Charonia variegata* zeigt die Ausbildung der nadeligen Lamellenschicht in größerer Mächtigkeit als sonst üblich.

This fractured thin septum of the *Charonia variegata* shell demonstrates the acicular-lamellar layer in greater width than is found usually. x 260; L.Nr. 35526; A.Nr. 1268/8 A.

Fig. 2. Der Ausschnitt aus Fig. 1 zeigt in der Vergrößerung den dendritischen Rand der die nadeligen Lamellen zusammensetzenden Platten.

A magnified section of fig. 1 shows the dendritic rim of the plates composing the acicular-lamellar layer. x 4620; L.Nr. 35517; A.Nr. 1268/11 A.

Fig. 3. Die nadelige Lamellenschicht eines Septums von *Charonia variegata* zeigt im Anbruch schräg zur Ausrichtung der Lamellen einen Winkel von 70–80° zwischen Wuchsoberfläche und Lamellenebene.

The acicular-lamellar layer of a septum of *Charonia variegata* fractured transversal to the orientation of the lamellar plates demonstrates an angle of about 70°–80° between surface of growth and plane of lamellae. x 1850; L.Nr. 35525; A.Nr. 1269/19 A.

Fig. 4. Das Detail von Fig. 1 zeigt die feine Streifung der Lamellen parallel zu Längsachse der Nadeln, die ihrerseits die nadelige Lamellenschicht zusammensetzen.

Detail of fig. 1 demonstrates the fine striation of the lamellar plates following the outline of the needles that compose the acicular-lamellar layer. x 925; L.Nr. 35516; A.Nr. 1268/9 A.

Fig. 5. Ein quergebrosenes Septum von *Charonia variegata* zeigt den Übergang von der obersten, nur sehr dünnen nadeligen Lamellenschicht zur Kreuzlamellen-Schicht durch Einschieben anfangs nur sehr dünner, später breiterer Platten anders gerichteter Nadeln.

A fractured septum of *Charonia variegata* shows the transition from the uppermost, very thin acicular-lamellar layer to the crossed-lamellar layer. At first very thin plates, later wider plates composed of needles oriented differently from those of the acicular-lamellar layer are added in the zone of transition. x 1230; L.Nr. 35891; A.Nr. 1281/14.

Fig. 6. Überblick des gesamten Septums, aus dem das in Fig. 5 dargestellte Detail stammt. Schon nach kurzem Verlauf erreichen die Platten der Kreuzlamellen-Schicht eine etwa gleichbleibende Dicke von 20 µ.

View onto the whole fractured septum from which the detail illustrated in fig. 5 originates. After a short distance from the area of transition the plates of the crossed-lamellar layer acquire a relatively constant width of about 20 µ. x 200; L.Nr. 35889; A.Nr. 1281/12.

Fig. 7. Der Bruch durch die Schale des adulten Gehäuses von *Charonia variegata* parallel zum Mündungsrand zeigt 3 Kreuzlamellen-Schichten. Die erste, dünne, äußere steht mit ihren Platten normal auf der Mündungskante und dem Periostracum. Die zweite, mittlere Schicht ist um 90° zur ersteren verdreht aufgewachsen. Sie ist mit ihren Platten normal zur Wuchsoberfläche und parallel zum Mündungsrand ausgerichtet. Die dritte Schicht gleicht in ihrer Ausrichtung der äußersten Schicht.

A fracture through the shell of an adult individual of *Charonia variegata* parallel to the apertural edge demonstrates 3 crossed-lamellar layers. The first, outermost is oriented with the plane of its plates vertically to the apertural edge and the periostracum. The second, central layer shows a 90° turn of orientation to the first, outer layer. Here plates are vertical to the surface of growth, but parallel to the apertural rim. The third, inner layer is oriented in the same way as the first outer layer. x 14; L.Nr. 29340; A.Nr. 1063/19 A.

Fig. 8. In der Außenlippe des Gehäuses von *Cassia tuberosa* zeigt sich im Querbruch der sehr regelmäßige Aufbau der Kreuzlamellen-Schicht aus Platten (Lamellen 1. Ordnung) von durchweg gleichförmiger Dicke, die von verschiedenen, deutlich ausgeprägten Anwachsstreifen durchsetzt werden.

The fractured, thickened apertural lip of the shell of *Cassia tuberosa* demonstrates the very regular structure of the crossed-lamellar layer. It is composed of uniform plates (lamellae of the first order) of about the same thickness continuous across well developed growth lines. x 28; L.Nr. 37422; A.Nr. 1330/18 A.

Fig. 9. Die Innenaufsicht einer Füllung des apikalen Gehäuselums von *Strombus pugilis* zeigt den Übergang von der nadeligen

Lamellenschicht zur Kreuzlamellen-Schicht. Erste Einschaltungen der anderen Plattenrichtung treten auf. Die Lamellen zeigen ihre Zusammensetzung aus einzelnen Nadeln, die in Reihen angeordnet auf der Wuchsoberfläche austreten.

The inner surface of the layers filling the apical portion of the shell of *Strombus pugilis* demonstrates the transition from the acicular lamellar layer to the crossed-lamellar layer. First intercalations of the other plate direction are present. The lamellae show a composition of single needle elements, which are oriented in rows on the surface of growth tracing the outcrop of the narrow lamellae. x 3650; L.Nr. 33079; A.Nr. 1185/16 A.

Fig. 10. Kreuzlamellen-Platten von *Charonia variegata* zeigen die Einregelung der Nadeln parallel zur Plattenebene und die Verstellung der Platten gegeneinander im Querbruch. Die Nadeln sind zudem noch zu Querlamellen (Lamellen 2. Ordnung) miteinander verwachsen. Die Platte (Lamelle 1. Ordnung) einer Richtung weist einen Bruch parallel zur Lamelle 2. Ordnung auf, die der anderen Richtung ist schräg zur Lamelle 2. Ordnung aufgebrochen und läßt die Dicke dieser Lamelle erkennen (eine Nadeldicke).

The plates of the crossed-lamellar layer of *Charonia variegata* show an orientation of needles parallel to the plane of each plate. The plates are turned against each other, well visible in the fracture. The needles are intergrown with each other to form transversal lamellae (lamellae of 2. order), which in this fracture are seen to have been split along their plane in one plate and transversal to their plane in the other plate. The latter show that the thickness of the lamellae of the 2. order is like that of a single needle. x 1720; L.Nr. 33856; A.Nr. 1214/17 A.

TAFEL 3

Fig. 1. Das Detail von Fig. 3 (*Planaxis nucleus*) zeigt durch Aufspaltung schmaler werdende Platten der Kreuzlamellen-Schicht. The detail of fig. 3 (*Planaxis nucleus*) shows splitting of plates of the crossed-lamellar layer and due to this a decreasing width of these plates. x 3960; L.Nr. 33648; A.Nr. 1204/3 A.

Fig. 2. Die parallel zur Plattenebene gebrochene Kreuzlamellen-Schicht von *Strombus pugilis* zeigt eine Zusammensetzung der Nadeln aus Grundelementen von etwa 0,2 μ Durchmesser. The crossed-lamellar layer of *Strombus pugilis* fractured parallel to the plane of the plates demonstrates the construction of the needles, which are composed of basal units with about the size of 0.2 μ . x 4000; L.Nr. 33631; A.Nr. 1204/30 A.

Fig. 3. Die Innenfläche einer alten Windung von *Planaxis nucleus* zeigt eine Kreuzlamellen-Schicht, die in eine vertikal zur Wuchsoberfläche ausgerichtete nadelige Lamellenschicht übergeht. Hierbei verstellen die Nadeln der Platten und kommen einander bezüglich der Ausrichtung ihrer Längsachsen nahe. Außerdem werden die Platten dünner (siehe Fig. 1).

The fractured inner surface of a portion of the shell of *Planaxis nucleus* secreted late during ontogeny shows a crossed-lamellar layer that grades into a acicular-lamellar layer with needle axes oriented vertical to the growth surface. Needles within the different plates in this transition continuously approach a more vertical orientation and, in addition, the plate become thinner (see fig. 1). x 400; L.Nr. 33649; A.Nr. 1204/4 A.

Fig. 4. Die quergebrosene Innenschicht eines adulten Gehäuses von *Tectarius muricatus* zeigt parallel zur Wuchsoberfläche ausgerichtete Lamellen, die sich von der Kreuzlamellen-Schicht ableiten. The inner layer of the adult shell of *Tectarius muricatus* is composed of a acicular-lamellar layer with lamellae parallel to the growth surface. This structure has developed from the crossed-lamellar structure found further inward in the shell. x 4180; L.Nr. 38881; A.Nr. 1375/27.

Fig. 5. Eine quer zur Plattenebene gebrochene Kreuzlamellen-Schicht von *Strombus pugilis* zeigt die Platten der Lamellen 2. Ordnung, die aus gleichförmigen Nadeln zusammengesetzt sind.

The crossed-lamellar layer of *Strombus pugilis* fractured transversally to the plane of the plates shows the lamellae of the second order, which are composed of uniform needles. x 1960; L.Nr. 33644; A.Nr. 1204/43 A.

Fig. 6. Die direkt unter dem Periostracum (hier abpräpariert) des Gehäuses von *Columbella mercatoria* gelegene kristalline Schicht besteht aus unregelmäßig, körnigen Grundelementen, die erst weiter im Schaleninneren ausgeregelt werden.

The crystalline layer of the *Columbella mercatoria* shell that is found right below the periostracum (here taken off) consists of grains of basal units without regular pattern. It is only further inward into the shell that basal units are arranged in regular patterns. x 8540; L.Nr. 38872; A.Nr. 1375/18.

Fig. 7. Der Schalenquerbruch bei *Columbella mercatoria*, in der Fortsetzung von Fig. 6, zeigt die Ausrichtung der Grundelemente zu einfachen Reihen, und damit entstehen Nadeln, die ihrerseits sphärolithische Säulen zusammensetzen.

In the shell of *Columbella mercatoria* the arrangement of the basal units into simple rows forming needles is demonstrated in the continuation of fig. 6. The needles on their part compose spherulite sectors, (spherulitic columns). x 8540; L.Nr. 38871; A.Nr. 1375/17.

Fig. 8. Die Nadeln der Kreuzlamellen-Schicht von *Columbella mercatoria* zeigen eine Zusammensetzung aus Grundelementen.

The needles of the crossed-lamellar layer of *Columbella mercatoria* show their composition of smaller basal units. x 8360; L.Nr. 38877; A.Nr. 1375/23.

Fig. 9. Detail von Fig. 8. Die Aufspaltung von Nadeln der Kreuzlamellen-Schicht erfolgt über eine vorhergehende Verbreiterung der die Nadeln zusammensetzenden Grundelemente.

Detail of fig. 8. The splitting of needles of the crossed-lamellar layer is consecutive of a widening of basal units within the needle. x 16700; L.Nr. 38876; A.Nr. 1375.

TAFEL 4

Fig. 1. Die Übersicht über den äußeren Teil der Gehäusewand von *Columbella mercatoria* (Details Taf. 3, Fig. 6, 7) zeigt den Übergang von der ungeordneten Struktur über Sphärolithsektoren zu komplex-prismatischen Struktur.

The view onto the fracture of the outer portion of the wall of the *Columbella mercatoria* shell (detail Plate 3, figs. 6, 7) shows the transition from the unordered structure to the spherulitic sectors and the complex-prismatic structure. x 1720; L.Nr. 38870; A.Nr. 1375/16.

Fig. 2. Die Übersicht der ersten Schaleneinheiten unter dem Periostracum des *Columbella mercatoria*-Gehäuses im Querbruch zeigt das Einmünden der Vorläuferstrukturen (oberes Bildteil) in die Kreuzlamellen-Struktur (unterer Bildteil). Details in Taf. 3, Fig. 6, 7, 8, 9; Taf. 4, Fig. 1, 8, 9.

The view onto the first shell layers below the periostracum of *Columbella mercatoria* in shell fracture shows the continuous formation of the crossed-lamellar structure (lower half of figure) from its precursors (upper half of figure). Details in plate 3, figs. 6, 7, 8, 9; plate 4, figs. 1, 8, 9. x 340; L.Nr. 38869; A.Nr. 1375/15.

Fig. 3. Der Querbruch durch die Schalenaußenwand von *Conus mus* zeigt, daß hier die Herausformung der Kreuzlamellen-Schicht (oberer Bildteil) schnell und abrupt aus unregelmäßig und prismatischer Schicht (unterer Bildteil) erfolgt.

The fracture through the outer shell wall of *Conus mus* demonstrates

a very rapid transition from irregular and prismatic structure (lower half of picture) to the crossed-lamellar structure. x 1550; L.Nr. 33380; A.Nr. 1196/31.

Fig. 4. Im verheilten Gehäuseteil von *Neritina virginea* zeigt sich auf der angeätzten Schalenoberfläche eine, unter einer dünnen Sphärolith-Sektorenlage gelegene, komplex-prismatische Schicht. On the repaired shell of *Neritina virginea* the naturally etched surface of the shell demonstrates the sequence of a thin spherulite-sector layer (upper portion of picture) underlain by a complex-prismatic layer. x 488; L.Nr. 44714; A.Nr. 1574/13.

Fig. 5. Ein vergrößerter Ausschnitt von Fig. 4 zeigt die Verzweigung eines Bündels aus der komplex-prismatischen Struktur. The enlarged detail of fig. 4 show the branching of a columnar unit of the complex-prismatic layer. x 2260; L.Nr. 44716; A.Nr. 1574/15.

Fig. 6. Der vergrößerte Ausschnitt von Fig. 4 zeigt die komplex-prismatische Schicht in ihrer Zusammensetzung aus Bündeln gleichgerichteter nadeliger Einheiten. The detail to fig. 4 demonstrates the composition of the complex-prismatic layer of needle shaped units with the same orientation within each bundle. x 1960; L.Nr. 44715; A.Nr. 1574/14.

Fig. 7. In Detail von Fig. 3 zeigt sich, daß die Nadeln der Kreuzlamellen-Schicht im Übergang zur Vorläuferstruktur noch nicht streng parallel zur Plattenebene ausgerichtet sind. The needles of the crossed-lamellar layer of the shell of *Conus mus* in their transition to the precursor structure still show no definite orientation parallel to the plane of the plates. x 6800; L.Nr. 33381; A.Nr. 1196/32.

Fig. 8. Der Querbruch durch eine Platte der Kreuzlamellen-Schicht von *Columbella mercatoria* zeigt, daß die Nadeln nur schwach zu Lamellen 2. Ordnung verwachsen sind. In the fracture transversal to the plates of the crossed-lamellar layer in *Columbella mercatoria* it becomes apparent that here needles are only weakly fused to form lamellae of the second order. x 8500; L.Nr. 38879; A.Nr. 1375/25.

Fig. 9. Der Übergang von der komplex-prismatischen Schicht zur Kreuzlamellen-Schicht vollzieht sich im Ausschnitt von Fig. 2 (*Columbella mercatoria*) durch Einmünden der Säulen der komplex-prismatischen Schicht (oben) in die Platten der Kreuzlamellen-Schicht (unten). The transition from the complex-prismatic structure to the crossed-lamellar structure is visible in the detail of fig. 2 (*Columbella mercatoria*). The columnar units of the complex-prismatic layer (upper part of figure) are continuous into the plates of the crossed-lamellar layer. x 2230; L.Nr. 38873; A.Nr. 1375/19.

Fig. 10. Ein Rasen blockiger Kristalle setzt die erste Prismenschicht zusammen, die die durch Anätzung erfolgte Schalenverletzung bei *Neritina virginea* wieder schließt. A growth of blocky crystallites composes a first prismatic layer that closes the shell penetrated by fresh-water etching on the living *Neritina virginea*. x 5100; L.Nr. 4472; A.Nr. 1574/20.

Fig. 11. Die blockige Prismenschicht (Fig. 10, *Neritina virginea*) geht nach unten (innen) in vertikal ausgerichtete Sphärolithsäulen über. The blocky-prismatic layer seen in fig. 10 (*Neritina virginea*) grades into vertically arranged, columnar, spherulite sectors further below (inwards). x 5060; L.Nr. 44723; A.Nr. 1574/22.

TAFEL 5

Fig. 1. Das verheilte Gehäuse von *Neritina virginea* zeigt eine angeätzte Kreuzlamellen-Schicht (oberer Bildteil), der eine Schicht

anliegt, die teils aus Weizenkornaggregaten, teil aus halbsphärolithischen Aggregaten aufgebaut ist (Bildmitte). Die Aggregate richten sich zum Schaleninneren zu Bündeln der komplex-prismatischen Schicht aus (unterer Bildteil).

The repair of a shell of *Neritina virginea* shows an etched crossed-lamellar layer (upper portion of fig.). To it a layer composed of spindle-shaped aggregates and dumb-bell-like aggregates is added (central portion of fig.) The aggregates in further growth are oriented with their needles in such a way of form a complex-prismatic layer (lower portion of fig.). x 520; L.Nr. 44728; A.Nr. 1574/27.

Fig. 2. Der Querbruch durch die Außenlippe des Gehäuses eines adulten *Strombus pugilis*-Individuums zeigt die Aufeinanderfolge sphärolithisch-prismatischer Schichten dieser verdickten Kalluszone.

The transversal fracture of the outer lip of the shell of an adult *Strombus pugilis* shows the sequence of spherulitic-prismatic layers in this callus zone. x 58; L.Nr. 33645; A.Nr. 1204/44 A.

Fig. 3. Das Detail zu Fig. 1 zeigt die Fortsetzung der aus zueinander parallelen Einzelkristallen zusammengesetzten Weizenkornaggregat zur Schaleninnenseite hin als sphärolithischen Kristallaufwuchs, der sich weiter innen gleich zu Bündeln der komplex-prismatischen Schicht ausrichtet.

This detail to fig. 1 shows the continued growth of the parallel oriented needles of the spindle-shaped aggregates towards the inner growth surface in the form of spherulite sectors, that, further inwards still, are oriented into bundles of the complex-prismatic layer. x 840; L.Nr. 44729; A.Nr. 1574/28.

Fig. 4. Übersicht des eine Windung umfassenden Embryonalgehäuses von *Valvata cristata* und sichtbarer erster nachembryonaler Windung. Fig. 7 stellt eine Vergrößerung des angeätzten Embryonalgehäuses dar. The embryonic whorl and the first postembryonic whorl of *Valvata cristata*. Fig. 7 is an enlargement of the etched surface of the embryonic shell. x 119; L.Nr. 38560; A.Nr. 1364/16 A.

Fig. 5. Der Anbruch der Schale von *Murex pomum* zeigt die Reparatur einer Gehäuseverletzung. Das Gehäuse bestand aus Kreuzlamellen-Schichten (oberer, rechter Bildteil). Zuerst werden die Bruchstellen mit Weizenkornaggregaten und organischen Schalen-schichten ausgekleidet. Dann erfolgt ein Übergang zur komplex-prismatischen Struktur, die schnell in die Kreuzlamellen-Schicht übergeht.

The fractured shell of *Murex pomum* shows the repair of a shell damage. The damaged shell is constructed of the crossed-lamellar structure (upper right of picture). The fracture of this shell was at first coated with spindle-like aggregates and organic shell. After that a transition is found from aggregates to the complex-prismatic structure, and from the later rapidly into the crossed-lamellar layer. x 144; L.Nr. 36766; A.Nr. 1307/15 A.

Fig. 6. Die Außenlage der verdickten Außenlippe des Gehäuses eines adulten *Strombus raninus* zeigt eine ausgereifte sphärolithisch-prismatische Schicht.

The outer lip of the shell of an adult *Strombus raninus* shows in its fractured outer portion a mature spherulitic-prismatic layer. x 924; L.Nr. 33669; A.Nr. 1205/32 A.

Fig. 7. Unter der organischen Außenschale (obere Bildkante) des Embryonalgehäuses von *Valvata cristata* (Fig. 4) folgt eine schmale blockige Prismenschicht, die von einer komplex-prismatischen Schicht unterlagert ist. Der Übergang zur Kreuzlamellen-Schicht (unterer Bildteil) ist abrupt.

The periostracum of the embryonic shell of *Valvata cristata* is underlain by a narrow layer of blocky-prismatic structure. The later is underlain by a complex-prismatic layer with an abrupt change into the crossed-lamellar layer below it (lower part of figure). Detail of fig. 4. x 3700; L.Nr. 38563; A.Nr. 1364/19 A.

TAFEL 6

Fig. 1. Die Einzelkristalle der zuerst ausgeschiedenen Lage eines apikalen Septums von *Murex recurvirostris rubidus* sind durch organische Lamellen und Fibrillen zu einer Schicht zusammengefügt.

Single crystals, as found in the first secreted layers of an apical septum of *Murex recurvirostris rubidus*, are connected to each other by organic sheets and fibres. x 3320; L.Nr. 35540; A.Nr. 1269/34 A.

Fig. 2. Miteinander verwachsene Einzelkristalle der zuerst ausgeschiedenen Lage eines Septums von *Murex recurvirostris rubidus*, wie die Einzelkristalle in Fig. 1 durch organische Lamellen und Fibrillen in einer Schicht zusammengehalten.

Single crystals intergrown with each other are found in the outer layers of the septum of *Murex recurvirostris rubidus*, and, like the single crystals (fig. 1), are connected to each other by organic sheets and fibres. x 3360; L.Nr. 35539; A.Nr. 1269/33 A.

Fig. 3. Ein dünnes apikales Septum von *Murex pomum* wird nur aus Weizenkornaggregaten und sie verbindende organische Lamellen aufgebaut.

This thin apical septum of *Murex pomum* is composed only of spindle-like aggregates and organic sheets and fibres. x 1010; L.Nr. 35531; A.Nr. 1269/25 A.

Fig. 4. Tönnchenförmige Weizenkornaggregate der zuerst ausgeschiedenen Schicht eines Septums im Gehäuse von *Murex pomum*.

Barrel-like aggregates of the first secreted layer of a septum of *Murex pomum*. x 2090; L.Nr. 35529; A.Nr. 1269/23 A.

Fig. 5. Die Nadeln der sphärolithisch-prismatischen Schicht aus der Außenlippe eines adulten Gehäuses von *Strombus pugilis* zeigen den deutlich erkennbaren Aufbau durch nebeneinander und hintereinander angeordnete, unregelmäßig rundliche bis kissenförmige Grundelemente.

The needles of the spherulitic-prismatic layer of the outer lip of an adult shell of *Strombus pugilis* show clearly their composition of basal units. They are arranged in irregular vertical rows and besides each other and show irregularly rounded outline or are cushion-like in shape. x 5810; L.Nr. 33646; A.Nr. 1204/1 A.

Fig. 6. In die Kreuzlamellen-Schichten der verdickten Außenlippe eines adulten Individuums von *Vasum muricatum* sind sphärolithisch-prismatische Schichten eingelagert.

Into the crossed-lamellar layer of the outer lip of the adult shell of *Vasum muricatum* spherulitic-prismatic layers are intercalated. x 325; L.Nr. 28883; A.Nr. 1046/35 A.

Fig. 7. Die in die Kreuzlamellen-Schicht des Gehäuses von *Thais deltoidea* eingeschaltete, feine Prismenschicht zeigt eine parallele Ausrichtung der Prismen bei gleichbleibender Nadelstärke sowie ungestörte Fortsetzung der auf die Prismenschicht folgenden Nadeln der Kreuzlamelle.

The prismatic layer intercalated in the crossed-lamellar layers of the shell of *Thais deltoidea* shows a parallel orientation of the needle axes within the prismatic layer. The pattern of arrangement of the plates of the crossed-lamellar layer is continuous across the prismatic layer. x 1720; L.Nr. 33859; A.Nr. 1214/20 A.

Fig. 8. Eine in die Kreuzlamellen-Schicht des Gehäuses von *Strombus raninus* eingelagerte Prismenschicht zeigt nur undeutliche, vertikale, nadelige Ausbildung, aber eine Zusammensetzung aus Grundelementen, die denen der Kreuzlamellen gleichen.

A prismatic layer intercalated into the crossed-lamellar layer of *Strombus raninus* only shows an indistinct arrangement of vertical needles. But the needles show a clear construction of basal units like

those seen in the crossed-lamellar layer. x 4180; L.Nr. 33663; A.Nr. 1205/26 A.

Fig. 9. In die Kreuzlamellen-Schicht des Gehäuses von *Contumax nodulosus* ist eine dünne sphärolithisch-prismatische Schicht eingeschaltet, deren Nadeln Übergänge zu den folgenden Kreuzlamellen-Nadeln zeigen. Die Grundelemente der Prismenschicht weisen unregelmäßige Gestalt auf, während die der Kreuzlamellen abgeplattet sind und kissenförmig übereinandergestapelt sind.

The basal units of the spherulitic-prismatic layer that, in the shell of *Contumax nodulosus*, is intercalated into the crossed-lamellar layer show irregular shape while the basal units of the crossed-lamellar layer have a rounded, flat, cushion-like appearance. Needles of the prismatic layer are continuous into needles of the crossed-lamellar layer. x 3150; L.Nr. 33059; A.Nr. 1185/40.

Fig. 10. Der Übergang von der Kreuzlamellen-Platte (rechts) zum Sphärolithsektoren (links) im Gehäuse von *Buccinum undatum* zeigt die unveränderte Gestalt der diese Strukturen zusammensetzenden Nadeln auf.

The transition of the plates of the crossed-lamellar layer (right) to the spherulite-sector layer (left) in the shell of *Buccinum undatum* shows the uninterrupted continuation of needles from one to the next structure. x 3080; L.Nr. 31658; A.Nr. 1139/20.

Fig. 11. Der Einblick auf die Wuchsoberfläche des Windungsinneren von *Buccinum undatum* zeigt die vorwachsenden Nadeln der Sphärolithsektoren-Schicht in ihrem Übergang zur Kreuzlamellen-Schicht. Die überleitende komplex-prismatische Schicht kündigt sich in der Ausformung von Bündeln gleichgerichteter Nadeln im allgemeinen Verbund der konzentrischen Ausrichtung an.

The view onto the growth surface in the inner of the whorl of the *Buccinum undatum* shell shows the growing needles of the spherulite-sector layer in its transition into the crossed-lamellar layer. The transitional complex-prismatic layer develops in such a way, that within the concentric arrangement of the spherulite-sectors bundles of needles differentiate with needle axes parallel to each other. x 1260; L.Nr. 32397; A.Nr. 1162/22.

Fig. 12. Aufsicht auf die wachsenden Nadeln einer sich zur komplex-prismatischen Struktur ausrichtenden Prismenschicht der Innenlippe von *Xancus angulatus*.

View onto the growing needles of the prismatic layer in transition to the complex-prismatic structure seen on the surface of growth on the inner lip of *Xancus angulatus*. x 1260; L.Nr. 31731; A.Nr. 1141/23.

TAFEL 7

Fig. 1. Gebogene Nadeln einer Kreuzlamellen-Platte in der Zwickelwindung einer neu angefügten Windung des Gehäuses von *Ferussacia lanzarotensis*.

Bend needles of a plate of the crossed-lamellar structure in a strongly angular position of the shell of *Ferussacia lanzarotensis*. x 1800; L.Nr. 56007; A.Nr. 1959/6 A.

Fig. 2. Die anerozierte Oberfläche der 2. Windung des Embryonalgehäuses von *Orcula gularis* zeigt das Einmünden einer äußersten Prismenschicht (direkt unter organischen Embryonalschälchen) in oberflächenparallele Nadeln, die ihrerseits bereits eine schwache Einordnung in Kreuzlamellen-Nadelrichtungen erkennen lassen (sehr flacher Winkel).

The eroded surface of the 2. whorl of the embryonic shell of *Orcula gularis* shows the transition from the outermost prismatic layer (directly below the organic shell of the embryo) into a layer composed of needles oriented parallel to the surface of growth. Just below the outermost acicular-lamellar layer the transition to the crossed-lamellar layer is seen. x 3650; L.Nr. 51871; A.Nr. 1820/14.

Fig. 3. Die parallel zur Anwachsstreifung quergebroschene Außenwand von *Cecilioides acicula* zeigt die äußere und mittlere Kreuzlamellen-Schicht (oberer Bildteil) unterlagert von der inneren Prismenschicht (unterer Bildteil).

The outer wall of the shell of *Cecilioides acicula* fractured parallel to the growth lines shows the outer and central crossed-lamellar layers (upper part of picture) underlain by the inner prismatic layer. x 2460; L.Nr. 51039; A.Nr. 1792/6.

Fig. 4. Die Kreuzlamellen-Schicht aus dem Mittelteil der quergebroschene Schale von *Discus rotundatus* zeigt die Anordnung ihrer Grundelemente vertikal zur Wuchsoberfläche.

The crossed-lamellar layer from the central portion of the fractured shell of *Discus rotundatus* shows an arrangement of its basal units vertical to the surface of growth. x 6970; L.Nr. 51544; A.Nr. 1809/31.

Fig. 5. Im Gehäusequerbruch von *Cerion wva* ist der Übergang von der Kreuzlamelle (oberer Bildteil) zur Prismenschicht (unterer Bildteil) über die Kreuzprismen-Schicht sichtbar.

The fractured shell of *Cerion wva* shows the transition from the crossed-lamellar layer (upper part of fig.) over the crossed-prismatic layer to the prismatic layer (lower part of fig.). x 5030; L.Nr. 55448; A.Nr. 1941/7 A.

Fig. 6. Die parallel zur Anwachsstreifung quergebroschene Schale von *Cecilioides acicula* zeigt in ihrem äußeren Teil die äußere und innere Kreuzlamellen-Schicht (unterer Bildteil). Letztere wird von der inneren Prismenschicht überlagert. Der Übergang erfolgt durch die Prismenschicht mit Kreuzlamellen-Relikten (Kreuzprismenschicht).

The shell of *Cecilioides acicula* fractured parallel to the growth lines shows an outer and inner crossed-lamellar layer (lower portion of fig) and an inner prismatic layer with a transitional layer showing prismatic and crossed-lamellar structure (crossed-prismatic layer). x 3960; L.Nr. 51040; A.Nr. 1792/7.

Fig. 7. Der Übergang von der Kreuzlamellen-Schicht (links) zur Prismenschicht über die Kreuzprismen-Schicht im Bereich der letzten, äußeren Windung von *Cochlicopa lubricata*.

The transition of the crossed-lamellar layer (left) to the prismatic layer (right) shows the crossed-prismatic layer in the outer whorl of the shell of *Cochlicopa lubricata*. x 3960; L.Nr. 51055; A.Nr. 1792/22.

Fig. 8. Die Wuchsoberfläche der Prismenschicht bei *Cochlicopa lubricata* zeigt den zusammengesetzten Aufbau der Prismen.

The surface of growth of the inner prismatic layer of the shell of *Cochlicopa lubricata* shows the compound nature of the prismatic crystallites. x 7740; L.Nr. 51051; A.Nr. 1792/18.

TAFEL 8

Fig. 1. Etwas erodierte Schuppen des Innenlippen-Kallus von *Ferussacia valida*.

Eroded scales of the callus of the inner lip of the shell of *Ferussacia valida*. x 1940; L.Nr. 55518; A.Nr. 1943/2 A.

Fig. 2. Die Aufsicht auf die Oberfläche des Embryonalgehäuses von *Perforatella rubiginosa* zeigt als Aufwuchs auf die abgelöste, zuerst ausgeschiedene, organische Schale halbkugelige Sphärolithe mit einer sphärolithischen Anordnung der Kristallite.

A view onto the outer surface of the embryonic shell of *Perforatella rubiginosa* shows the first semispherical crystal growths below the removed organic shell of the embryo. The crystallites are arranged into spherulite columns. x 3780; L.Nr. 56345; A.Nr. 1969/15.

Fig. 3. Die unerodierte Oberfläche des Embryonalgehäuses von *Ancylus fluviatilis* zeigt unter einer dünnen, äußersten Prismenschicht eine dünne Lage oberflächenparalleler Nadeln, die von der äußeren Kreuzlamellen-Schicht unterlagert wird.

The eroded surface of the embryonic shell of *Ancylus fluviatilis* shows below the periostracum a thin prismatic layer, underlain by a thin layer composed of needles parallel in arrangement to the growth surface. This acicular-lamellar layer is underlain by the outer crossed-lamellar layer. x 1580; L.Nr. 56476; A.Nr. 1974/17.

Fig. 4. Der angebrochene Kallus der Innenlippe von *Aplexa hypnorum* zeigt die Schuppenschicht.

The fractured callus of inner lip of the shell of *Aplexa hypnorum* shows the scaly layer. x 1250; L.Nr. 50789; A.Nr. 1783/20.

Fig. 5. Schuppen der vertikal aufgebrochenen Schuppenschicht von *Aplexa hypnorum*.

Scales seen in the vertically fractured scaly layer of *Aplexa hypnorum*. x 1670; L.Nr. 50809; A.Nr. 1783/40.

Fig. 6. Der unerodierte Mündungskallus von *Ferussacia valida* zeigt in der Aufsicht die austreichende Schuppenschicht.

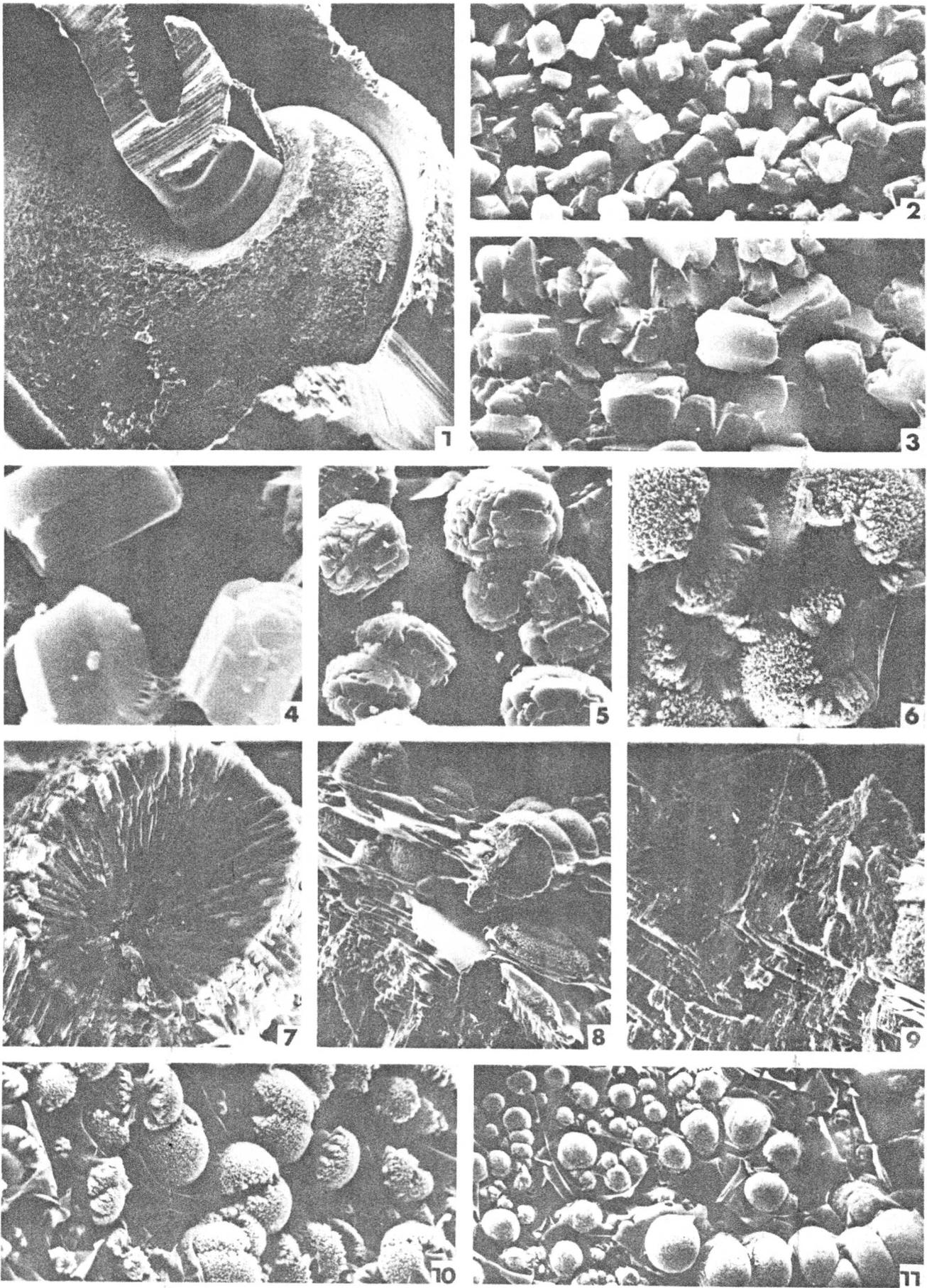
The uneroded callus of the aperture of *Ferussacia valida* shows the growth surface of the scaly layer. x 925; L.Nr. 55517; A.Nr. 1943/1 A.

Fig. 7. Aufsicht auf den Innenlippenkallus der Schale eines kürzlich metamorphisierten Individuums von *Erato* sp.

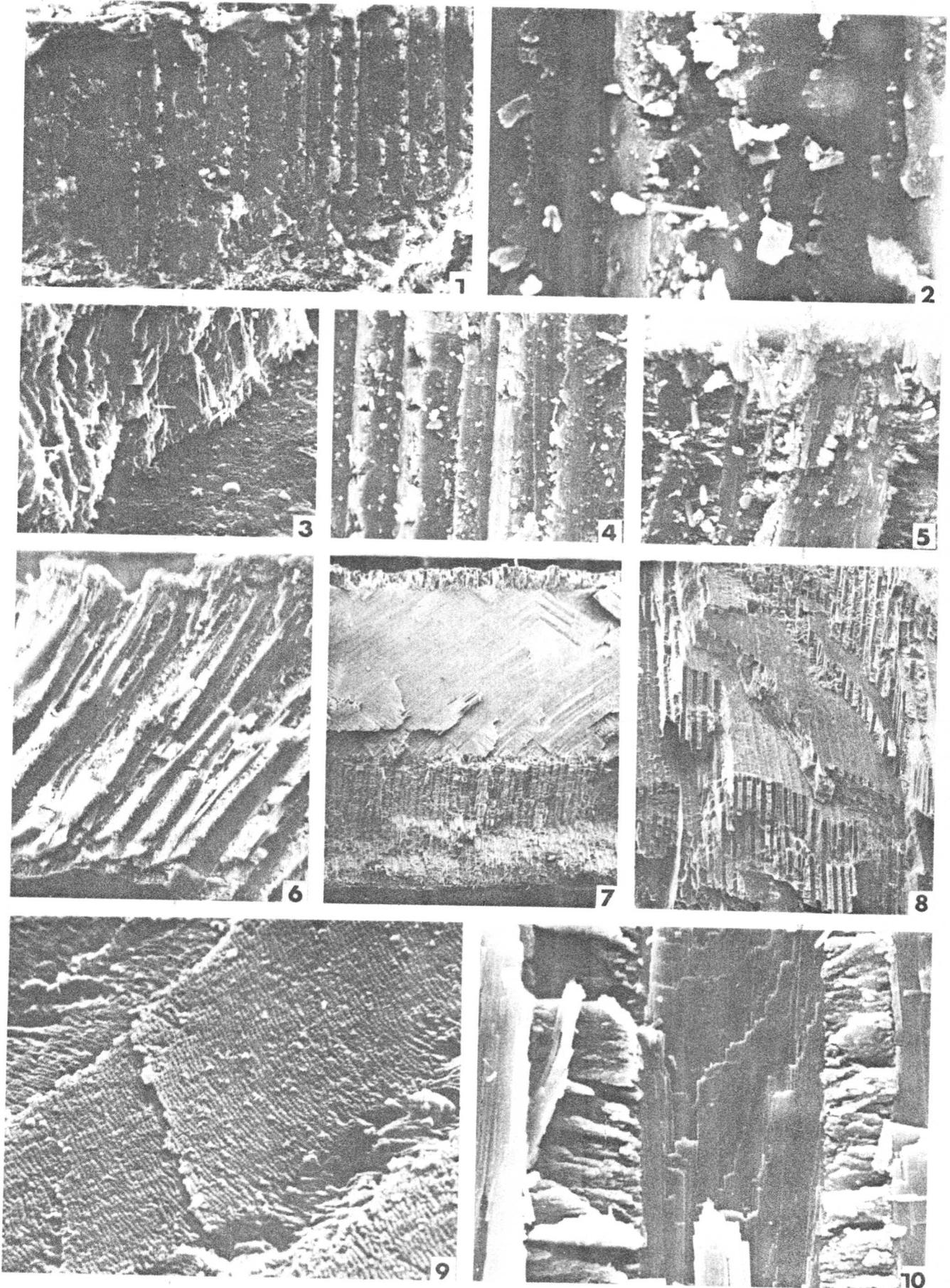
View onto the callus of the inner lip found on the shell of a recently metamorphosed juvenile individual of *Erato* sp. x 2760; L.Nr. 56554; A.Nr. 1976/26 A.

Fig. 8. Übersicht zur Fig. 7. Einblick auf die im Vorwuchs befindliche Schuppenschicht bei *Erato* sp.

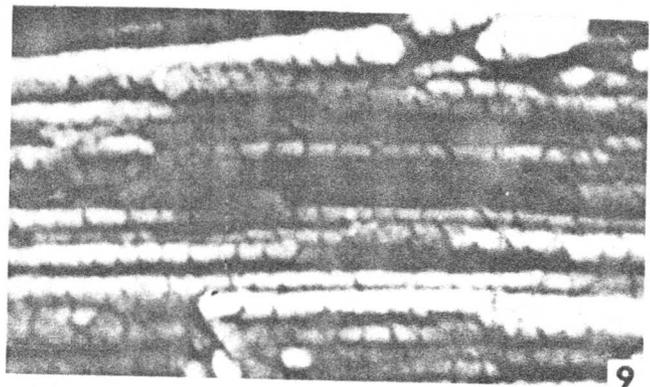
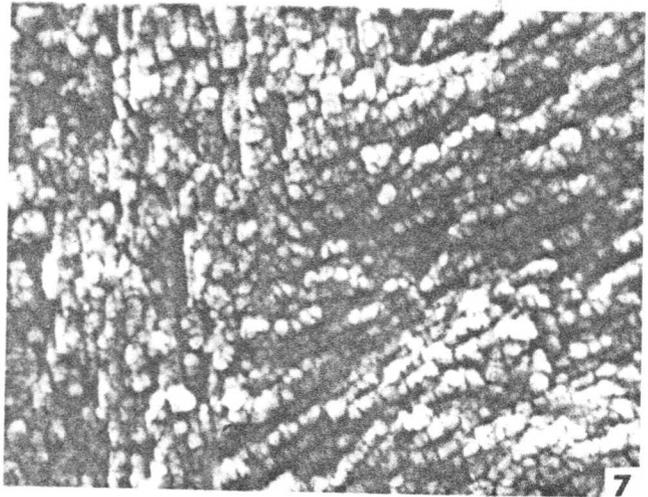
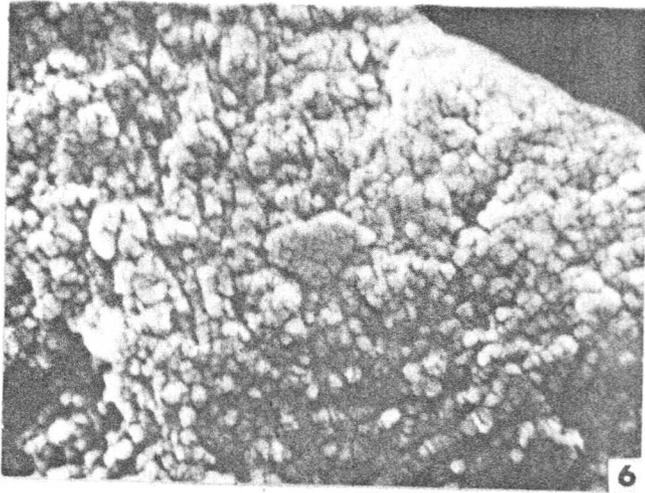
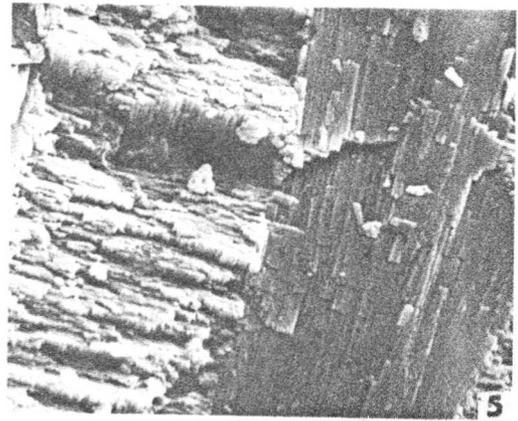
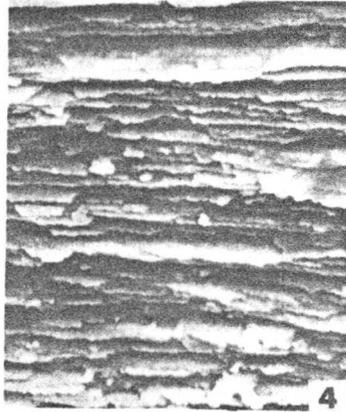
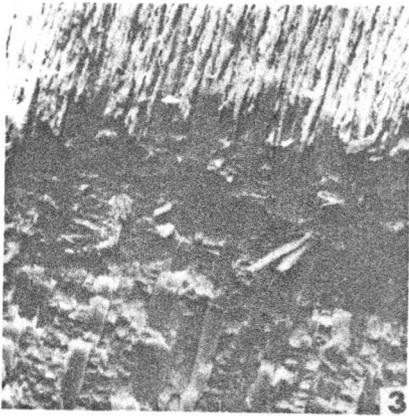
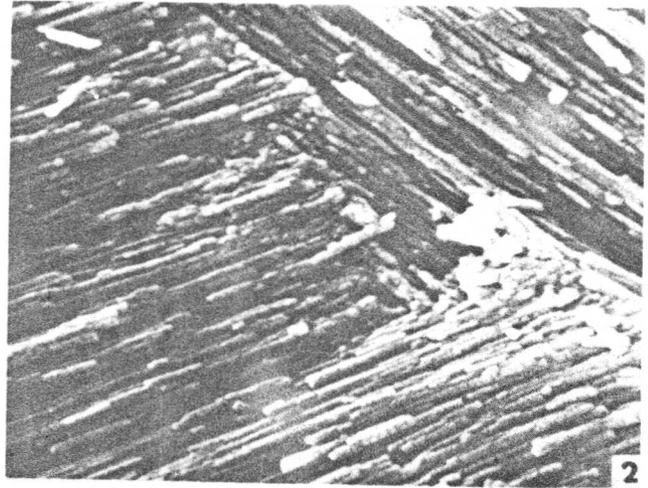
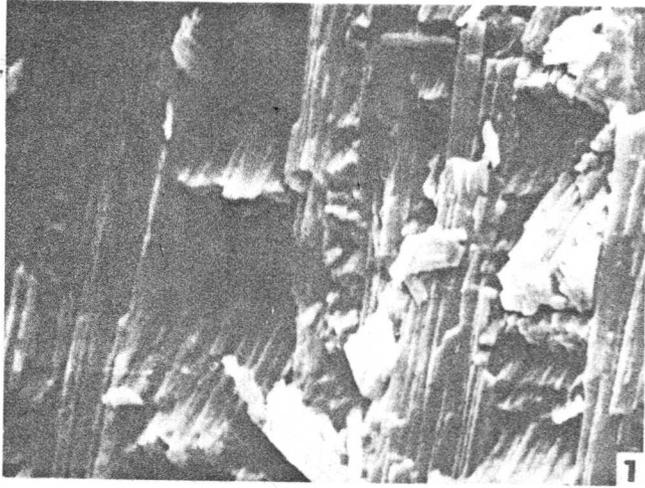
View onto the growth surface of the scaly layer in *Erato* sp. (see fig. 7). x 700; L.Nr. 56557; A.Nr. 1976/29 A.



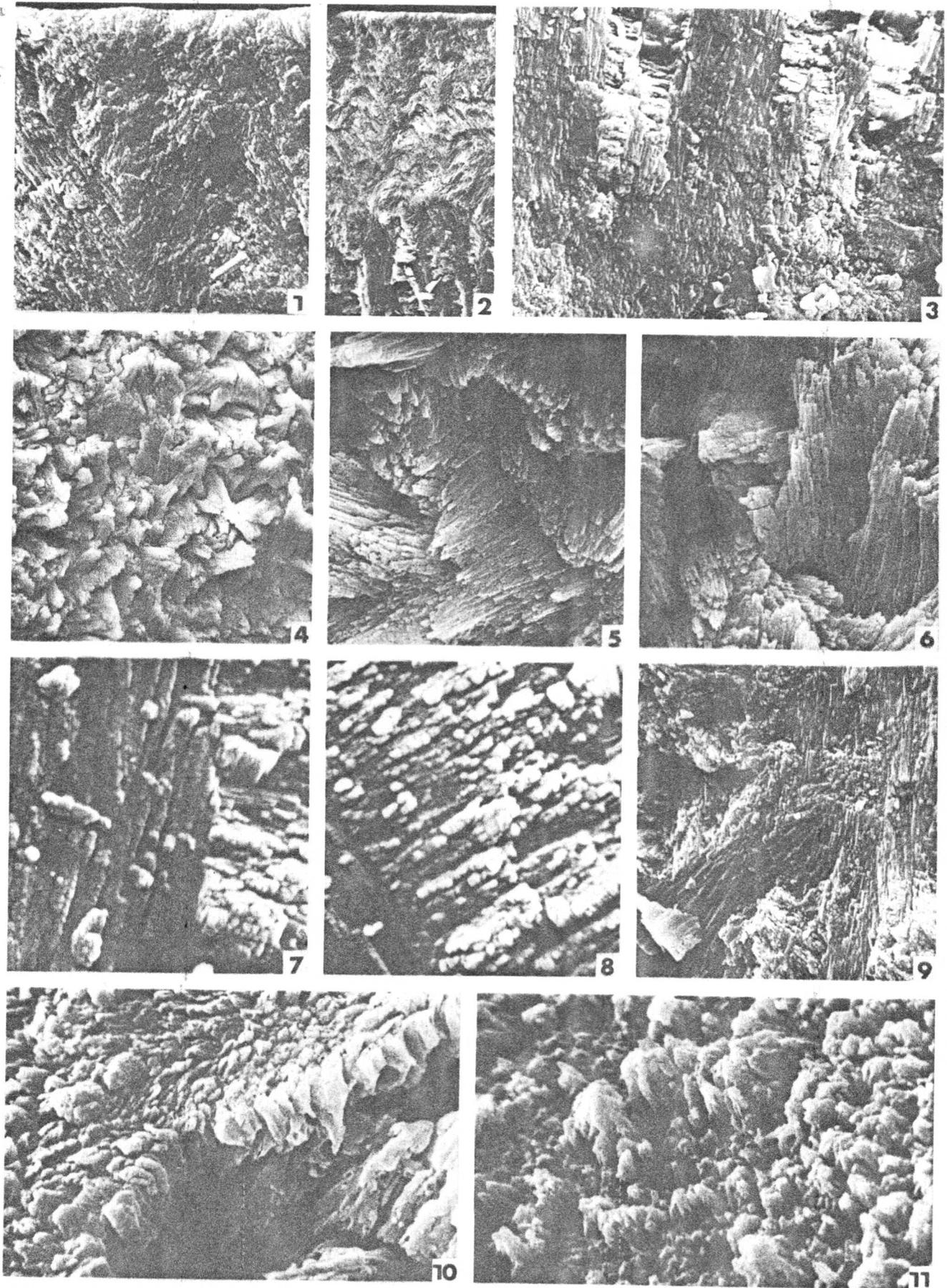
Tafel 1



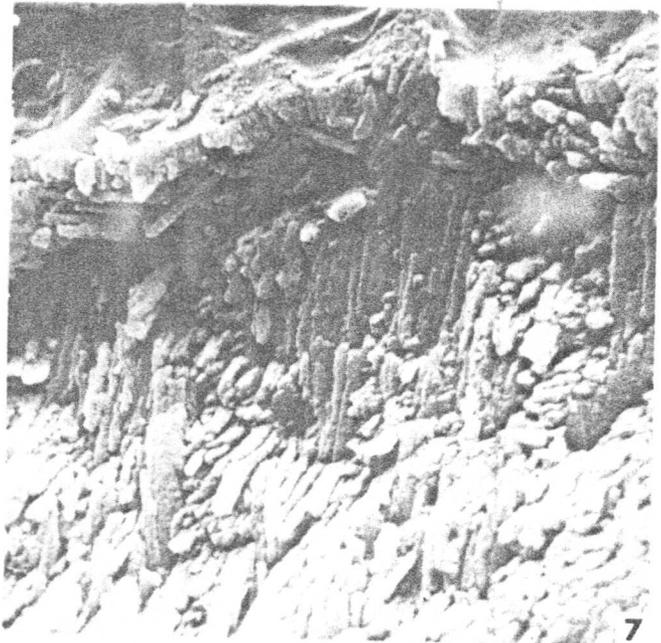
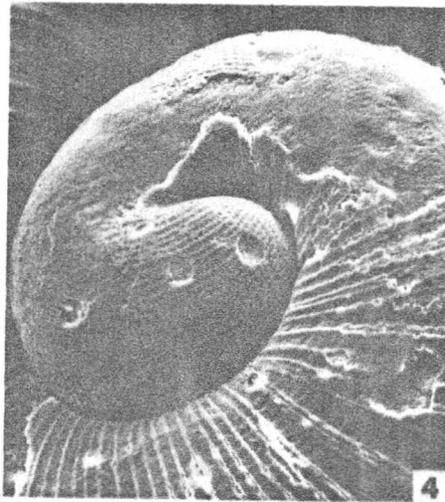
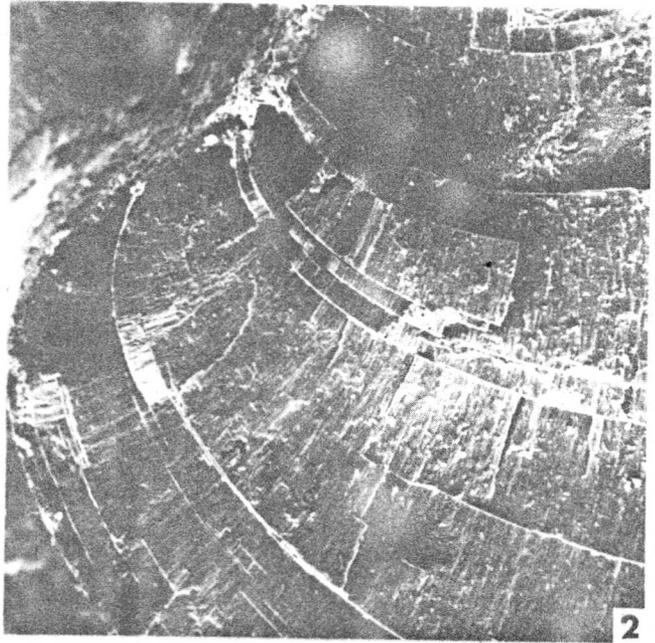
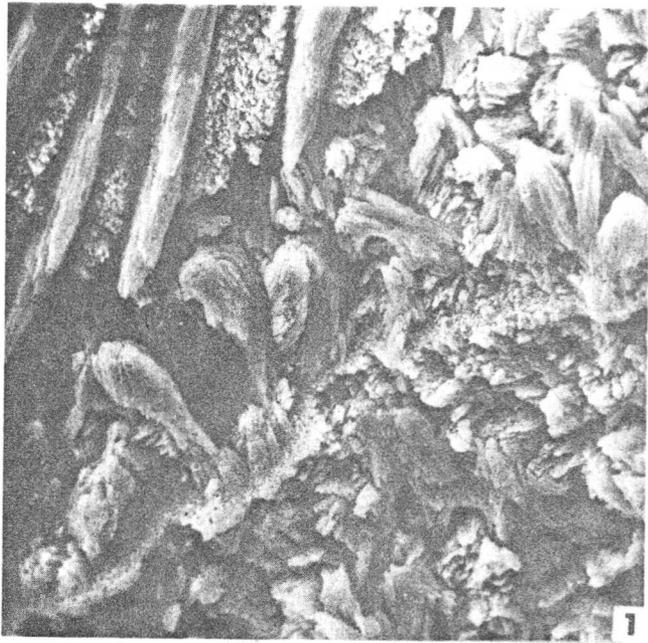
Tafel 2



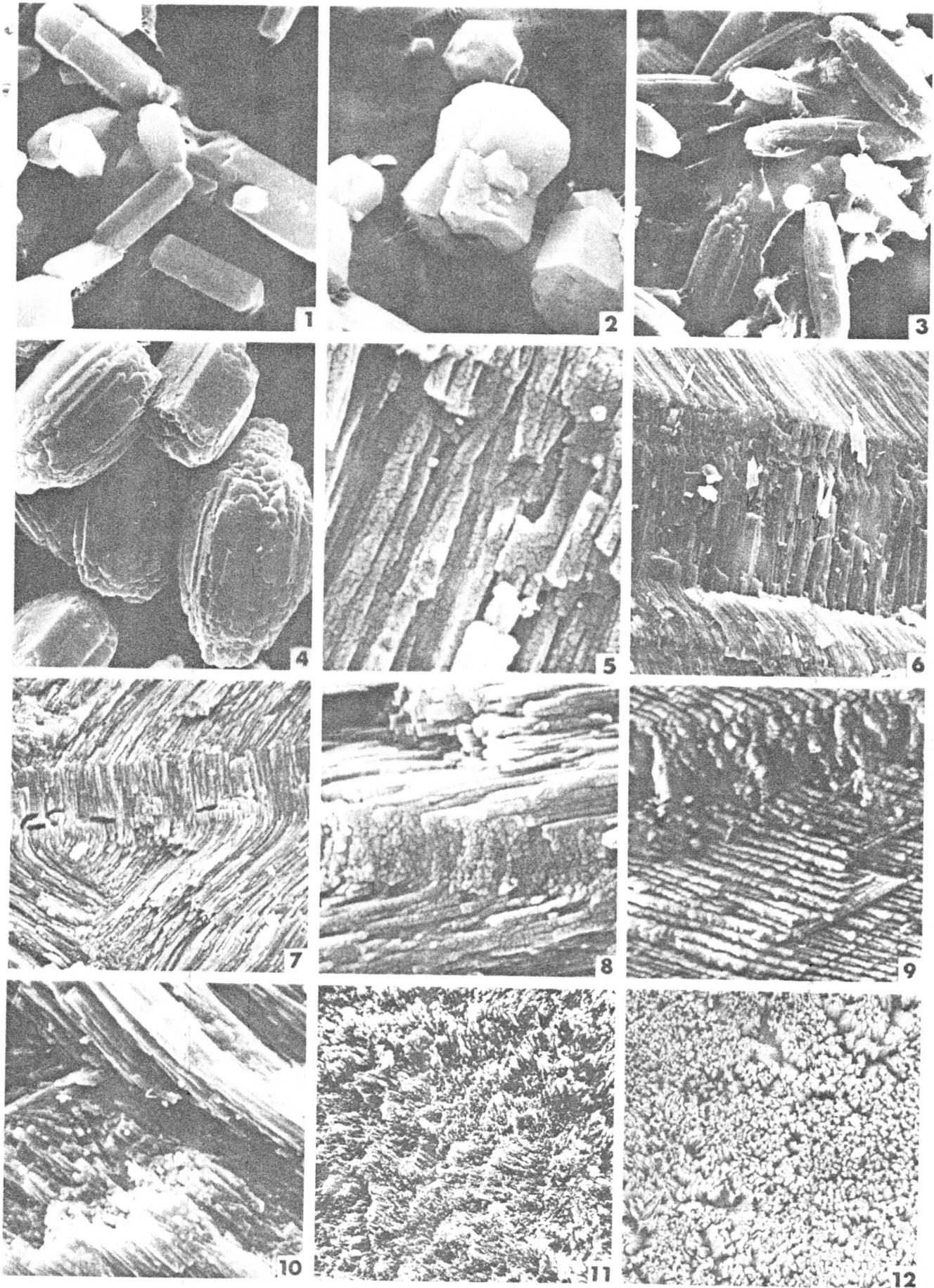
Tafel 3



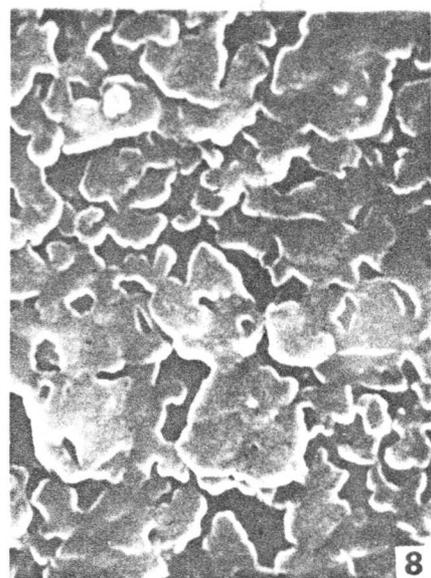
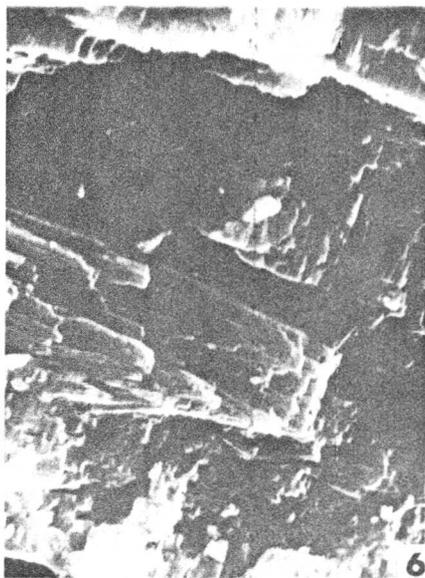
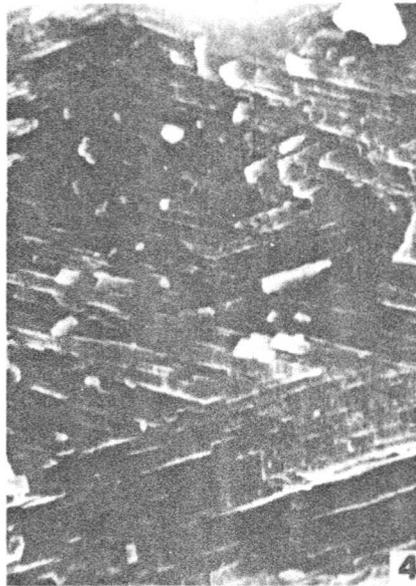
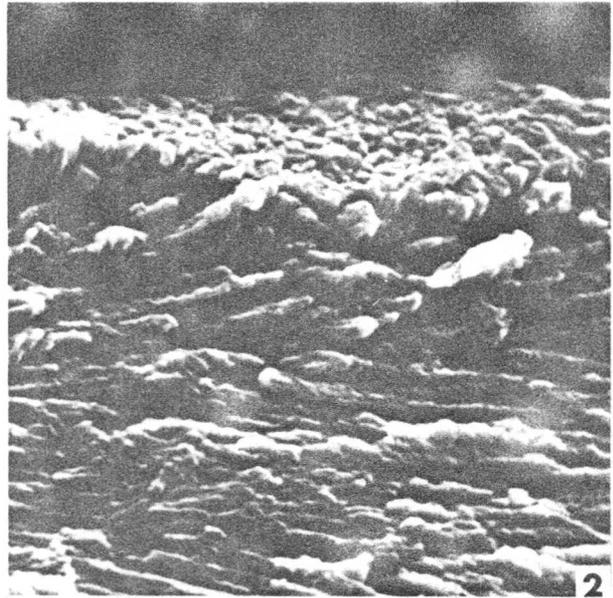
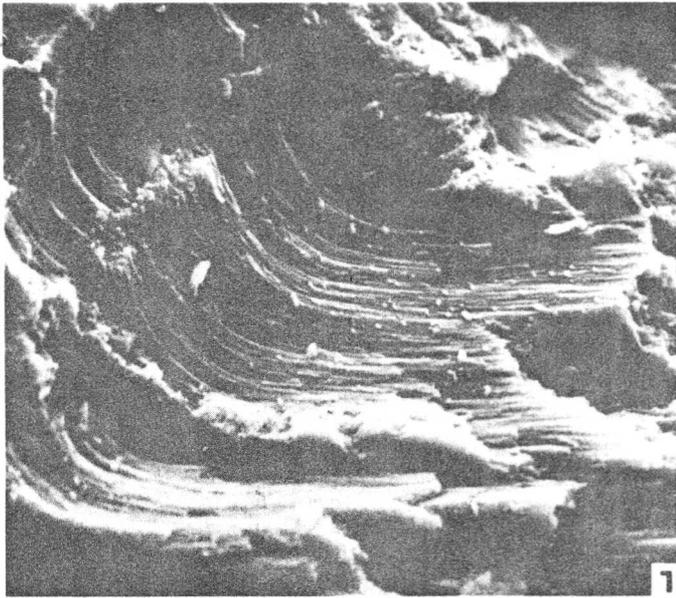
Tafel 4



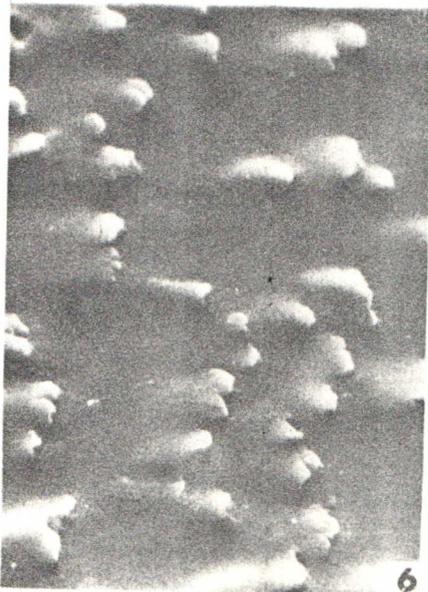
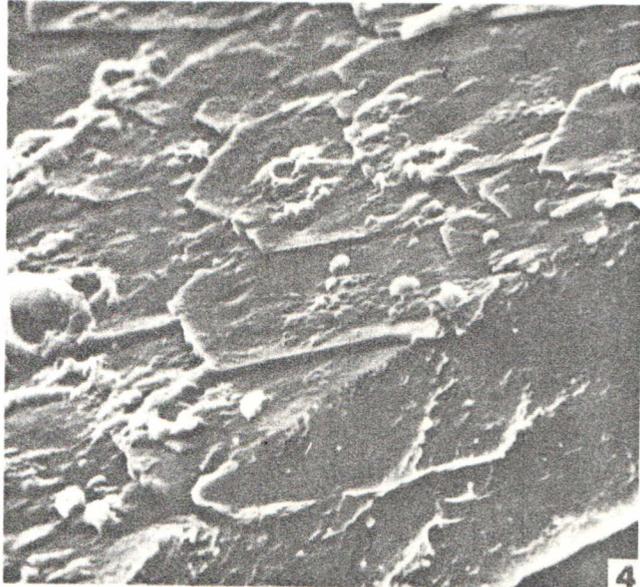
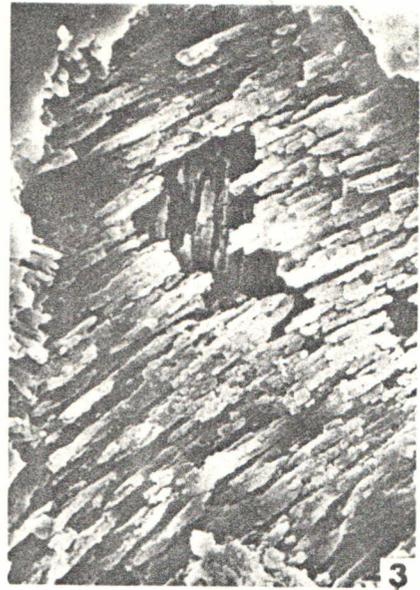
Tafel 5



Tafel 6



Tafel 7



Tafel 8