

## Ueber den Aufbau der Schale von *Nucula*.

Von

Prof. W. J. Schmidt in Bonn (Zoolog. Institut).

Mit Tafel VII.

Bei Untersuchungen über Bau und Bildung der Perlmuttermasse<sup>1)</sup> hatte ich Veranlassung, auch die Schale der als primitive Muschelgruppe bekannten Nukuliden (insbesondere von *Nucula nucleus* L.), die ja innen mit dieser Substanz ausgekleidet ist, an Schliffen und Kalilauge-Mazerationspräparaten zu prüfen. Dabei stieß ich auf eine sehr eigenartig gebaute Schalenschicht zwischen Periostracum und Perlmutter, die zwar bisher keineswegs übersehen, aber doch mit wenigen Worten abgetan wurde, aus denen ihre Beschaffenheit in keiner Weise zu entnehmen ist.

Am ausführlichsten wird diese Schalenschicht von ihrem Entdecker W. Carpenter<sup>2)</sup> (S. 101 a. a. O.) mit folgenden, von einer Abbildung (Fig. 15, Tab. IV a. a. O.) begleiteten Worten für *Nucula margaritana* beschrieben: „... the inner layer has the truly nacreous structure, as might be inferred from its iridescent lustre. In the outer, a small amount of tubular structure may be observed; and here as elsewhere, the tubuli in their course outwards seem to be directed towards the ribs, so as when they reach the surface to leave the spaces between these altogether free, whilst in the deeper parts of the tubular layer the tubuli are chiefly found in these spaces. In fig. 15 is shown a portion of the external layer, the section being made as near the outer surface

<sup>1)</sup> Siehe Biolog. Zentralblatt 1921, Bd. 41, S. 250.

<sup>2)</sup> Report on the microscopic structure of shells Part II, in: Rep. Brit. Assoc. Advanc. Sci. for 1848, p. 93—134, pl. I—XX.

as possible; the tubuli are seen to open upon the dark bands aa, bb which correspond with the ribs of the shell, whilst in the translucent intervening spaces some vestiges of cellboundaries may be discerned."

Nach J. Thiele<sup>1)</sup> (1893, a. a. O. S. 229) besteht das (kalkige) „Ostracum“ von *Nucula* aus einer inneren Schicht von Perlmutt und einer äußeren „pigmentierten“ Lage. Die bezügliche Abbildung (Fig. 13 Tab. XI a. a. O.) stellt die entkalkte Schale dar und läßt die genannten Schichten nicht erkennen. Doch möchte ich aus später zu erwähnenden Gründen annehmen, daß die „pigmentierte“ Schicht mit der uns interessierenden Schalenlage identisch ist. Ferner erwähnt Thiele ein „Hypostracum“ bei *Nucula*, das von gewöhnlicher Stärke sei.

W. Stempel<sup>2)</sup> (1898, S. 364) betont, daß sowohl die dünnwandigen Schalen von *Malletia chilensis* wie auch die dickwandigen von *Leda sulcata*, *Nucula nucleus* und anderen Nukuliden nur aus dem dünnen Periostracum und der inneren Perlmutter-schicht beständen; eine Prismenschicht sei nirgends vorhanden, was im Hinblick auf die Prodissoconcha vieler Muscheln als primitiver Charakter erscheine. Doch ergänzt er diese nur auf der Untersuchung entkalkter Schalen fußende Mitteilung später<sup>3)</sup> (1900 S. 117 Anm.) dahin, daß an Flächenschliffen durch die Schale von *Nucula nucleus*, in denen die äußersten Schalenlagen getroffen sind, deutlich schmale längsovale Bezirke hervortreten, die in bestimmter Weise längs den Schalenrippen angeordnet und bereits von Carpenter (s. o.) bei *Nucula margaritana* vollständig richtig beschrieben und abgebildet seien; indessen berechtigten diese „winzigen Differenzierungen“ keineswegs, sie als Prismen aufzufassen.

Nach meinen Untersuchungen besteht die Schale von *Nucula nucleus* aus drei Lagen, dem äußeren Periostracum, der mittleren Rippenlage, wie ich sie bezeichnen möchte — sie ist dasselbe wie Carpenters „tubular structure“ und Stem-

<sup>1)</sup> Beiträge zur Kenntnis der Mollusken, II. Ueber die Mollusken-schale, in: Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 55, S. 220—251, Taf. XI.

<sup>2)</sup> Beiträge zur Kenntnis der Nuculiden, in: Zool. Jahrb. Suppl. Bd. IV. Fauna chilensis I. Bd. S. 339—430. Taf. 22—25.

<sup>3)</sup> Zur Anatomie von *Solemya togata* Poli, in: Zool. Jahrb. Abt. f. Anat., Bd. 13 S. 89—170, Taf. 8—10.

pells „längsovale Bezirke“ — und der inneren Perlmutter-schicht. Dazu kommt noch an den Stellen, an welchen Muskeln ansetzen, sog. helle Schicht. Wahrscheinlich hat Thiele (s. o.) diese unter seinem Hypostracum verstanden, es ist aber auch eine Verwechslung mit der inneren Perlmutterlage (s. u.) denkbar. Im übrigen aber muß ich Stempel (1898 S. 364 Anm. 1) beistimmen, daß ein Hypostracum als allgemein ausgebildete, besondere innerste Auskleidung der Schale nicht vorhanden ist.

Das Periostracum löst sich als dünne Membran leicht von seiner Unterlage, den Rippen, ab, erscheint in durchfallendem Licht gelblich-braun und ist entsprechend den konzentrischen Zuwachsstreifen der Schale scharf gewellt (vgl. Fig. 5, Taf. VII). Die Perlmuttermasse zeigt die typische Beschaffenheit, einen Aufbau aus großen Perlmutterblättchen<sup>1)</sup> (tafelig nach der Basis ausgebildeten Aragonitkristallen), die zu horizontalen Lagen angeordnet sind. Stellenweise fallen die Grenzen benachbarter Perlmutterblättchen in übereinander gelegenen Lamellen mehr oder minder zusammen, und damit kommt es neben der Horizontal- zu einer Vertikalschichtung in der Perlmuttermasse, so vor allem in der Nähe der Rippenlage (vgl. Fig. 6, Taf. VII). Die Perlmutterlamellen biegen gegen die Rippenlage hin auf, so daß sie mit deren Unterrand einen spitzen Winkel bilden, dessen Scheitel zur Schalenperipherie gekehrt ist (vgl. den radialen Querschliff Fig. 2, Taf. VII). Auf tangentialen Querschliffen, die den Zuwachsstreifen der Schale parallel gehen, nehmen die oberen Perlmutterlamellen infolge der Querschnittsform der Rippen welligen Verlauf an; auch auf ihnen ist die genannte Vertikalschichtung sichtbar (vgl. Fig. 1, Taf. VII). Ähnlich wie es Rubbel<sup>2)</sup> (S. 312 a. a. O.) für *Margaritana* beschreibt, wird die Perlmutterlage bei *Nucula* durch eine sehr dünne Zone von heller Schicht in eine äußere und innere geschieden. Diese helle Schicht kennzeichnet den Weg, den die Mantellinie während des Schalenwachstums zurücklegte; in dem Maße, wie die Mantelmuskeln ihre jeweilige Anwachsstelle auf-

<sup>1)</sup> Stempel (1898 a. a. O. S. 364—365) erwähnt, daß die entkalkten Conchinhäutchen bei *Leda* und *Malletia*, von der Fläche gesehen, polygonale Felderung erkennen lassen; sie ist das Negativbild der Perlmutterblättchen.

<sup>2)</sup> Ueber Perlen- und Perlbildung bei *Margaritana* usw., in: Zool. Jahrb. Bd. 32, Abt. f. Anat. S. 287—366, Taf. 17—18, 1912.

gaben, wurde die helle Schicht von der inneren Perlmutterlage überwallt. Auch im Bereich der Schließmuskelabdrücke findet sich helle Schicht, doch macht ihre schwache Ausbildung sie ungeeignet zu näherer Untersuchung.

Nach Entfernen des Periostracums, etwa durch vorsichtiges Abschaben mit dem Skalpell, tritt die *R i p p e n l a g e* als eine mattweiße Schicht frei zutage. Sie wird von feinen, nur bei Vergrößerung (am besten mit dem Binokularmikroskop) wahrnehmbaren, aber sehr scharfen Linien durchzogen, die vom Wirbel zum Rand der Schale ausstrahlen — wobei sich ihr gegenseitiger Abstand ständig vergrößert — und senkrecht zu den konzentrischen Anwachsstreifen gerichtet sind. Diese Linien gliedern die Schicht in Rippen, wobei aber zu bemerken ist, daß, wenigstens bei *N u c u l a n u c l e u s*, die einzelnen, plastisch gar nicht oder nur äußerst schwach angedeutet über die Schalenfläche hervortreten, was ihre scharfe Abgrenzung um so auffälliger macht. An der freien Kante der Schale dagegen springt jede Rippe leicht gewölbt vor und bewirkt so die wellige Begrenzung des Schalenrandes.

Das Wesen der genannten Linien wurde mir zunächst klar, als ich ein Schalenstück zur Untersuchung der Perlmutter mit 10%iger Kalilauge mazerierte. Während nach einigen Tagen die Perlmutterschicht, erweicht, in blätterige Stücke zerfiel, hatte die Rippenlage anscheinend der Lauge noch ganz widerstanden. Aber bei dem Versuch, die anhaftenden Perlmutterreste mit Nadeln und Messerchen zu entfernen, zerteilte sie sich fortschreitend in *s t ä b c h e n f ö r m i g e S t ü c k e*, deren jedes einer *R i p p e* bzw. dem Bruchstück eines solchen entsprach. Diese Beobachtung lehrte somit, daß der äußere Teil der Nuculaschale wie in seinem Aussehen so auch in seinem Verhalten gegen Kalilauge sich von Perlmutter unterscheidet und daß die auf seiner Fläche sichtbaren Linien auf seiner Zusammensetzung aus einzelnen Bauelementen, eben den Rippen, beruhen. Um diesen Zerfall der Rippenlage in ihre Konstituenten herbeizuführen, ist die Wirkung der Lauge nicht unumgänglich nötig; Druck reicht aus, sofern die Rippenlage *i s o l i e r t* vorliegt. Denn mehr als durch den gegenseitigen Zusammenhang der benachbarten Rippen untereinander werden sie durch Vermittelung der angrenzenden Perlmuttermasse zu einem Ganzen zusammengehalten: schleift man diese ab, so lockert sich hierbei oft ihr Gefüge bis zum völligen Zerfall in die einzelnen Elemente.

Weiteren Aufschluß über die Rippenlage gaben Quer- und Flachschnitte durch die Schale; die ersten wurden sowohl tangential, d. h. quer zu den Rippen als auch radial, längs denselben, geführt. Auf allen unterscheidet sich die Rippensubstanz von der Perlmutter schon für die Betrachtung mit unbewaffnetem Auge durch ihre geringe Durchsichtigkeit; bei auffallendem Licht sieht sie weiß, bei durchfallendem bräunlich aus. Schon dieses Verhalten und ebenso die Untersuchung sehr dünner Schnitte und Splitter ergibt, daß die dunkle Färbung der Rippenlage im durchfallenden Licht nicht, wie Thiele (s. o.) anzunehmen scheint, durch ein Pigment verursacht wird; vielmehr handelt es sich um einen optischen Effekt, um eine Herabsetzung der Durchsichtigkeit infolge zahlreicher Reflexionen an den kristallinen Elementarbestandteilen der Rippenmasse. Zwar finden sich zwischen diesen winzige, sehr schwach gelblich gefärbte Körnchen, aber ihre Masse und Färbungsintensität reicht nicht aus, um die Undurchsichtigkeit der Rippenlage zu erklären.

Tangentiale Querschnitte (Fig. 1, Taf. VII, *Nucula sulcata*, vgl. auch Fig. 7 und 8) zeigen die einzelnen Rippen gegeneinander und die angrenzende Perlmutterschicht scharf abgesetzt. Außere und seitliche Flächen der Rippen sind eben und stoßen unter rechten Winkeln zusammen; die Unterseite der Rippen dagegen springt im Durchschnitt zitzenförmig gegen die Perlmutter vor. So bilden denn die Rippen, räumlich betrachtet, Stäbchen von quadratischem (Fig. 1, Taf. VII) bis rechteckigem (Fig. 8, Taf. VII) Querschnitt, deren Unterseite einen gewölbten First trägt. Die Anwesenheit der Firste bedingt den welligen Verlauf der Grenze zwischen Rippen und Perlmutter, die auf die Lamellierung der letzten zurückwirkt (s. o.). Gelegentlich kann die Ausbildung der Firsten unregelmäßiger sein (vgl. Fig. 7, Taf. VII). Vergleicht man tangentielle Querschnitte aus dem mittleren Teil der Schale mit solchen von ihrem Rand, dann ergibt sich eine fortschreitende Dickenzunahme der Rippenlage. Auf die feinere Struktur des Rippenquerschnittes soll erst später im Zusammenhang mit den entsprechenden Bildern in den anderen Schnittrichtungen eingegangen werden.

Ein radialer, längs durch die Mitte einer Rippe geführter Querschnitt (Fig. 2, Taf. VII) läßt ebenfalls die Rippensubstanz (R) durch ihre dunkle Färbung auf den ersten Blick von der Perlmuttermasse (P) unterscheiden. Beide Schalenlagen berühren sich

in geradliniger, scharfer Grenze. Die Oberkante der Rippe verläuft in leichten Wellenbiegungen, die größere Etappen im Schalenwachstum markieren. Kleinere, der feinen Fältelung des Periostracums (s. o.) entsprechend, treten als konzentrische Wachstumslinien, Kreisausschnitte in die Erscheinung, die ihre Wölbung dem freien Schalenrand zukehren. Diese Schichtlinien finden im Lamellenverlauf der angrenzenden Perlmutter ihre Fortsetzung, kennzeichnen also zur gleichen Zeit angelegte Teile von Rippen- und Perlmutterlage und geben über die jeweilige Gestaltung des freien Schalenrandes und damit auch des ihm anliegenden Mantels Aufschluß. Demnach erhellt, daß die Rippenlage nur von einer schmalen, peripherischen Zone auf der Außenseite des Mantels geliefert wird, der am Schalenrand aufgebogen ist und der (bei *Nucula nucleus* dicken gerundeten) Schalenkante anliegt.

Die Schichtlinien der Rippen machen sich natürlich auch auf Flachscliffen durch diese Schalenlage (Fig. 3, Taf. VII) in ähnlicher Weise bemerkbar; ihre Wölbung gibt auch hier die Richtung zum Schalenrand an. In solchen Schliffen fügen sich die Schichtstreifen benachbarter Rippen zu wellenförmigen Linien zusammen, die das jeweilige Verhalten des Schalenrandes widerspiegeln, an dem ja nach dem oben Gesagten (s. S. 174) jede Rippe mit leichter Vorwölbung endigt. Der mittlere Teil jeder Rippe wird von einem dunkleren Längsstreifen durchzogen (Fig. 3, Taf. VII); auch Carpenter (s. o.), dem wir die bisher einzige Abbildung eines Schliffes und zwar Flachscliffes durch die Rippenlage verdanken, hat ihn zur Darstellung gebracht. Ebenfalls auf dem Querschnitt der Rippen (vgl. Fig. 1 u. 7, Taf. VII) zeichnet sich ihr zentraler Teil durch dunklere Tönung aus; der radiale Querschliff dagegen läßt diese Erscheinung viel weniger gut wahrnehmen.

Carpenters Angaben (s. o.) über den feineren Bau der Rippen bieten kein richtiges Verständnis von ihrer Struktur, selbst wenn man von seinen verkehrten Deutungen, z. B. der Feststellung von Zellgrenzen absieht, die sich aus der nun längst überholten Vorstellung, die Molluskenschale sei eine verkalkte Zell- oder Gewebsmasse, ergeben mußten. Handelt es sich doch vielmehr um kutikuläre Sekretionsprodukte, deren Struktur, soweit sie verkalkt sind, ganz wesentlich durch die Gestalt der kristallinen Kalkteilchen bestimmt wird. Das Mantelepithel liefert ein kalkhaltiges

Sekret, das sich außerhalb der Zellen durch das Auskristallisieren des Kalkes strukturiert: „geformte Sekrete“ (Bieder mann).

Am einfachsten gewinnt man eine Vorstellung vom feineren Bau der Rippen an einem Stückchen dieser Lage, das in der Nähe des Schalenwirbels abgesprengt und daher dünn und für eine Untersuchung mit stärkeren Vergrößerungen ohne weiteres geeignet ist (Fig. 4, Taf. VII, *Nucula radiata*). Die oben beschriebene Zuwachsstreifung tritt in dieser Schalenggend fast völlig zurück; dagegen zeigt jede Rippe eine Zeichnung aus feinen Linien, die von ihrer Mitte ausgehen und gerade oder leicht gebogen nach den Seiten ausstrahlen, so daß sie wie gefiedert aussieht, wobei allerdings der Federschaft nur undeutlich ausgebildet ist; die freien Enden der Federäste weisen zum Schalenrand. Diese Zeichnung beruht auf der Zusammensetzung der Rippen aus kleinen, gestreckten Kalkplättchen, die an den Enden zugespitzt, im übrigen aber nicht streng regelmäßig begrenzt sind. Deutlich kann man diese Gebilde nur an den abgesplitterten Enden von Rippen erkennen, an denen sie teilweise frei vorstehen; ihre Länge mochte in dem vorliegenden Falle wohl 20  $\mu$ , ihre Breite etwa 5  $\mu$  betragen. Sie sind so dicht zusammengefügt, daß sich an der intakten Rippe nur ihre Grenzen in der geschilderten Weise ausprägen.

Der fiederartige Aufbau der Rippen läßt sich auch an Schliffen beobachten, sofern sie hinreichend dünn sind (vgl. Fig. 3 und 5, Taf. VII), und zwar stehen hier die konzentrischen Wachstumsstreifen annähernd senkrecht zu den feinen, von der Mitte der Rippe ausstrahlenden Strukturlinien. Da das Bild im Flachscliff (Fig. 3, Taf. VII) und radialen Querschliff (Fig. 5, Taf. VII) wesentlich dasselbe ist, so ergibt sich, daß die Kalkplättchen mit ihrer Längsachse von der Achse einer Rippe aus gleichmäßig schräg nach allen Seiten, zugleich aber wesentlich zum Schalenrand gerichtet sind.

Diese Auffassung findet durchaus ihre Bestätigung durch genauere Prüfung des Rippenquerschnittes (Fig. 7 und 8, Taf. VII): von der Mitte einer jeden Rippe gehen die Grenzlinien der Kalkplättchen strahlenartig nach allen Seiten aus, wobei ihre Breite nach der Peripherie hin zunimmt. Die Mitte selbst erscheint dunkler und wie punktiert; hier sind Kalkplättchen quer getroffen. Das ganze Bild erinnert außerordentlich an einen Sphärokristall, und daß diese Uebereinstimmung eine wesentliche ist, folgt aus der genaueren, insbesondere optischen Prüfung der Kalkplättchen.

Die Grenzen der Plättchen lassen sich an Schliffen durch Aetzen verdeutlichen (Fig. 6, Taf. VII) und alsdann ergibt sich ihre Gestalt so, wie wir sie nach der Beobachtung an Bruchstellen aufgefaßt hatten, als kleine, an den Enden zugespitzte Gebilde.

Im polarisierten Licht erweisen sich die Plättchen als doppelbrechend, und an den am dünnsten auslaufenden Schliff-rändern, wie sie vor allem nach Aetzung vorliegen, läßt sich erkennen, daß jedes Plättchen vollkommene, einheitliche Auslöschung zeigt, demnach als ein Kristall gelten muß. Ferner konnte ich feststellen, daß die Schwingungsrichtung der schneller sich fortpflanzenden Lichtwelle mit der Längsachse der Plättchen zusammenfällt.

Nun liegt der Kalk in den Molluskenschalen teils als Calcit, (im hexagonalen System [rhomboedrisch] kristallisierend), teils als Aragonit (rhombisch) vor; in der letzten Form erscheint er z. B. in der Perlmutter als tafelig nach der Basis ausgebildete Kristalle. Da es mir nicht möglich war, Achsenbilder von den kleinen Kriställchen, welche die Rippen aufbauen, zu erhalten (Calcit ist einachsig, Aragonit zweiachsig), auch ihre Gestalt keinen Schluß auf die Zugehörigkeit zum hexagonalen oder rhombischen System erlaubt, so konnten mikroskopische Untersuchungen hier nicht weiterführen. Deshalb stellte ich an Rippen, die durch Kalilaugebehandlung isoliert und dann nach Möglichkeit unter dem Binokularmikroskop von noch anhaftenden Perlmutterresten befreit waren, die M e i g e n s c h e K o b a l t n i t r a t p r o b e an. Die fein zerpulverte Rippenmasse wurde beim Kochen in 3% Lösung des genannten Salzes sofort und ausgesprochen lila, was für A r a g o n i t spricht. Demnach muß es als äußerst wahrscheinlich gelten, daß die Rippen aus Aragonit bestehen. Trifft dieses Ergebnis zu, dann liegt es nahe, die Längsrichtung der Kalkplättchen als mit der kristallographischen Achse *c* zusammenfallend zu betrachten, im Hinblick auf die eben erwähnte Lage der Schwingungsrichtung mit größerer Geschwindigkeit. Rippen und Perlmutter würden also von der gleichen kristallographischen Modifikation des kohlensauren Kalks gebildet.

Wie es aber auch mit dem Calcit- oder Aragonitcharakter der Rippenmasse sein möge, sicher ist, daß ihre Bauelemente K a l k - k r i s t a l l e sind. Demnach kann es keinem Zweifel unterliegen, daß wie in den Molluskenschalen im allgemeinen, so auch hier die Kristallisationsvorgänge des kohlensauren Kalkes für Bildung und



Struktur der Rippen in weitem Umfang verantwortlich zu machen sind. Man kann jede Rippe als einen Sphärokristall auffassen, der am Rande der jungen Schale angelegt wurde, dessen Bildungspunkt also bei der fertigen in der Nähe des Schalenwirbels liegt<sup>1)</sup>, und ständig mit dem Größerwerden der Schale weiterwächst. Indem zahlreiche derartige Anlagen dicht nebeneinander am Schalenrand auftreten, beschränken sie sich seitlich gegenseitig in ihrem Wachstum. Da aber mit der zunehmenden Größe der Schale ihr Rand immer mehr an Ausdehnung gewinnt, können sich die Rippen ständig etwas mehr in die Breite ausdehnen. Nach der Außenfläche der Schale hin ist dem Auswachsen der Rippen durch das Periostracum Halt geboten; nach innen hin steht ihnen zunächst mehr freier Raum zur Verfügung, was nicht nur in der rechteckigen Querschnittsform der Rippen (mit dem der Oberfläche näher gelegenen Wachstumszentrum [vgl. Fig. 8, Taf. VII]), sondern auch in der Ausbildung der erhabenen Leiste längs der Rippenunterseite zum Ausdruck kommt; schließlich wird auch hier die Vergrößerung des Sphärokristalls durch die Anlagerung von Perlmutter unmöglich gemacht. So bleibt ihm nur eine Wachstumsrichtung dauernd frei, die radiale, die mit der Längsrichtung der Rippen übereinfällt. In dieser Richtung verlängert sich das Rippenstäbchen, solange die Schale wächst, wobei die konzentrischen Wachstumslinien der konzentrischen Schichtung eines Sphärokristalls entsprechen.

Jede Rippe stellt also gemäß ihrem Aufbau einen radialen Ausschnitt aus einem Sphärokristall dar, dessen Gestalt im einzelnen durch Wachstumsbeschränkung infolge einseitiger Materialzufuhr bedingt ist. Daß Sphäritenkreuze, wie sie dem Durchschnitt von Sphärokristallen im polarisierten Licht zukommen, auf dem Querschnitt der Rippen nur in andeutenden Spuren sichtbar waren, erklärt sich aus Störungen im regelmäßigen

<sup>1)</sup> Ich möchte annehmen, daß die Anfänge der Rippen am Rand der Larvenschale, der sog. Prodissoconcha, zuerst erscheinen. Den strengen Beweis dafür kann ich nicht erbringen, denn die mir zur Verfügung stehenden Schalen erlaubten nicht die Herstellung von Querschliffen durch die Wirbelgegend, die dünn genug waren, um Vorhandensein oder Fehlen der Rippen auf der dem Wirbel — zu oberst — aufsitzenden Prodissoconcha zu entscheiden. Was wir über den Bau der Prodissoconchen anderer Muscheln wissen, läßt es als höchst unwahrscheinlich, ja ausgeschlossen gelten, daß der Larvenschale der Nukuliden bereits die Rippen zukommen.

Sphäritenaufbau, wie sie bei den Rippen z. B. durch ihre der Schale entsprechende Krümmung, ferner durch die Biegung der Radien auf dem Rippenquerschnitt bedingt ist.

Kristallisationsprodukte ganz ähnlicher Art sind die Prismen<sup>1)</sup> der Unioniden. Auch bei ihnen handelt es sich um Sphärokristalle (aus Aragonit), die in der Peripherie der äußeren Mantelfläche zur Abscheidung kommen und sich durch gegenseitige Wachstumsbeschränkung polygonal begrenzen; doch stehen die Prismen mit ihren Längsachsen senkrecht zur Schalenfläche und bieten sich also in der Flächenansicht als Mosaik dar.

Da erhebt sich naturgemäß die Frage, ob die Rippen der Nukuliden vielleicht mit den Prismen (der Unioniden) homologisiert werden können. Hinsichtlich der Lage — zwischen Periostracum und Perlmutter — stimmen Rippen und Prismen überein, auch darin, daß in den jüngeren, letzt gebildeten Schalenteilen diese Schichten gleicherweise an Dicke zunehmen. Ein wesentlicher Unterschied besteht aber insofern, als immer neue Anlagen von Prismen in der Schalenperipherie auftreten, während die Rippen, nur einmal angelegt, ständig weiterwachsen und daher von beschränkter Zahl sind. Das hängt mit der verschiedenen Orientierung der Längs(wachstums)achsen von Prismen und Rippen zusammen; bei jenen steht sie senkrecht zur Schalenfläche, bei diesen geht sie ihr parallel.

Nun ist es aber als eine im vorliegenden Zusammenhange höchst bemerkenswerte Tatsache hervorzuheben, daß mit ihrer Längsachse radial in der Schalenfläche gelegene Prismen auch bei einer anderen, ebenfalls primitiven und den Nukuliden sehr nahestehenden Muschelgruppe vorkommen; bei den Solemyiden, die mit jenen zu den Protobranchieren vereint werden. Eine genauere, an anderer Stelle zu veröffentlichende Untersuchung der Prismen bei Solemya<sup>2)</sup>, die hier fast den einzigen kalkigen Bestandteil der Schale ausmachen, hat mir gezeigt, daß diese

---

<sup>1)</sup> Zur Orientierung über die Prismen der Muscheln verweise ich auf meine Veröffentlichung: Ueber den kristallographischen Charakter der Prismen in den Muschelschalen in Zeitschr. f. allg. Physiol. 1921 (vgl. auch Biolog. Zentralbl. 1921).

<sup>2)</sup> Die kurze Angabe über die Prismen von Solemya in meiner Veröffentlichung in Zeitschr. f. allg. Physiologie 1921, Bd. XIX, S. 191, ist nicht zutreffend.

Prismen ebenfalls aus Aragonit bestehen und einen feineren Bau besitzen, der nicht geringe Anklänge an jenen von *Nucula* darbietet. So grundverschieden aber die Schalen der beiden Protobranchiergruppen, der Nukuliden und Solemyiden, nach ihrer Form und Schichtung auf den ersten Blick erscheinen, in seltsamem Gegensatz zu zahlreichen Uebereinstimmungen im Bau des Weichkörpers, so scheint es nunmehr doch, als ob die unzweifelhaft enge Verwandtschaft beider Familien auch in gewissen Schalenstrukturen zutage träte.

Jedenfalls aber hat die vorstehende Untersuchung gezeigt, daß die Schale von *Nucula* — ob aller Nukuliden, sei dahingestellt — zwischen Periostracum und Perlmutter eine Schicht von ansehnlicher Dicke und sehr charakteristischem Bau besitzt, die kaum erlaubt, die Struktur der Nukulidenschale als ganz primitiv zu bezeichnen. Damit soll natürlich kein Einwand gegen den ursprünglichen Charakter der Nukuliden im allgemeinen erhoben werden; aber es geht nicht etwa an, in der *Nucula*-Schale die — an die *Prodissocanchia* erinnernde — Schale der Urmuschel zu erblicken.

#### Erklärung der Abbildungen auf Tafel VII.

- Fig. 1. Tangentialer Querschliff durch die Schale von *Nucula sulcata* Bronn. R Rippenlage (die einzelnen Rippen im Querschnitt sichtbar), P Perlmuttertschicht. Balsam, Vergr. 28 : 1.
- Fig. 2. Radialer Querschliff durch die Schale von *Nucula nucleus* Lm. R Rippenlage (eine Rippe ist längs und mitten durchschnitten), a P äußere, i P innere Perlmuttertschicht, h S helle Schicht. Balsam, Vergr. 28 : 1.
- Fig. 3. Flachschliff durch eine Rippe von *Nucula nucleus* Lm. Balsam, Vergr. 60 : 1.
- Fig. 4. Flächenansicht eines kleinen, nahe dem Schalenwirbel abgesprengten Stückes der Rippenlage von *Nucula radiata* Hanley. Balsam, Vergr. 125 : 1.
- Fig. 5. *Nucula nucleus* Lm. Radialer Querschliff durch die Rippenlage R und den angrenzenden Teil der Perlmutterlage P; Po Periostracum, nur streckenweise erhalten. Balsam, Vergr. 60 : 1.
- Fig. 6. Aus einem radialen Querschliff durch das Grenzgebiet von Rippen- (R) und Perlmutterlage (P) bei *Nucula nucleus* L. Aetzung mit Salzsäure, Einschluß des Schliffes in Glyzeringelatine. Vergr. 500 : 1.
- Fig. 7. Aus einem tangentialen Querschliff durch die Rippenlage und die angrenzende Perlmuttertschicht von *Nucula nucleus* Lm. Balsam, Vergr. 60 : 1.
- Fig. 8. Querschliff durch eine Rippe von *Nucula nucleus* Lm. nahe dem Schalenrand. Balsam, Vergr. 60 : 1.