© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Über die Struktur der Kalkschalen mariner Rhizopoden.

Von

S. Awerinzew, stud. rer. nat.

(Aus dem zoologischen Institut der Universität Heidelberg.)

Mit Tafel XXIV.

Im Sommer des Jahres 1901 beschäftigte ich mich im zoologischen Institut der Universität Heidelberg, unter Leitung des Herrn Prof. Dr. O. Bütschli, etwas mit der Mikrostruktur der Kalkschalen einiger mariner Rhizopoden. Obgleich meine Untersuchungen keinen Anspruch auf Vollständigkeit machen können, so scheinen sie mir dennoch der Veröffentlichung werth zu sein, da diese Frage in der zoologischen Litteratur fast unberührt geblieben ist.

Die Struktur der Schale wurde an folgenden Formen studirt: *Miliolina* sp., *Spiroloculina limbata* d'Orbg., *Peneroplis pertusus* Forsk. sp., *Orbiculina adunca* Ficht. et Moll. sp., *Orbitolites complanata* Lam. sp., *Globigerina bulloides* d'Orbg., *Discorbina* sp., *Planorbulina mediterranea* d'Orbg., *Polytrema miniaceum* Pall. sp., *Polystomella macella* Ficht. et Moll sp., *Operculina complanata* Defr. sp. und einigen anderen Arten.

Da diese Arbeit unter der direkten Leitung und Mithilfe meines hochverehrten Lehrers Herrn Prof. Dr. O. Bütschli entstanden ist, so ist es meine Pflicht, demselben hier meinen tiefgefühlten Dank dafür auszudrücken; gleichzeitig danke ich auch Herrn Prof. A. Schuberg, der mir stets mit Rath und That behilflich war.

Beim Studium der Schalen von *Peneroplis pertusus* Forsk. sp. interessirte mich nicht nur ihre Mikrostruktur, sondern auch die Perforation der Embryonalkammer, welche Rhumbler[1] entdeckt hat.

[1] Rhumbler, Die Perforation der Embryonalkammer von *Peneroplis pertusus* Forskål. Zool. Anz. 17. Jahrg. 1894. p. 335—342.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Ich werde desshalb zunächst diese Frage berühren und alsdann die weiteren Resultate meiner Untersuchung mittheilen.

In allen Fällen, in denen es mir gelang, durch leichtes Klopfen und Drücken auf das Deckgläschen, unter welchem einzelne Schalen von *P. pertusus* lagen, die Embryonalkammer mehr oder weniger günstig zu isoliren, erschien die Oberfläche derselben (eigentlich der kugelige Antheil derselben) mit zahlreichen, ungemein feinen, unregelmäßig gelagerten Öffnungen bedeckt zu sein; auf optischen Durchschnitten und nach Zerdrücken der Kammer erwiesen sie sich als Mündungen von Poren oder Kanälchen, welche die Gesammtdicke der Kalkwand durchsetzen. Zur genaueren Feststellung der Bedeutung dieses Befundes für die Phylogenie der Imperforata untersuchte ich die Schalen anderer, *Peneroplis* nahestehender Rhizopoden. Meine Untersuchungen ergaben jedoch nicht die gewünschten Resultate, da ich bei den untersuchten Formen (so z. B. verschiedene Arten von *Miliolina* und *Spiroloculina*) keine Spuren einer Perforation der Embryonalkammer finden konnte. Dagegen vermochte ich auf Schliffen der spiraligen Varietät von *Orbitolites complanata* Lam. sp. (von den Samoa-Inseln) auf der Oberfläche der Embryonalkammer kleine Öffnungen deutlich wahrzunehmen, die sich als Mündungen von Poren erwiesen, die die Wandung perforirten. Bei der einfachen Varietät von *Orbitolites complanata* konnte ich kein einziges Mal etwas Ähnliches finden. Die Porosität der Embryonalkammer ist somit so wenig allgemein verbreitet, dass sie, meiner Meinung nach, vorerst keinen Anhaltspunkt für die Ableitung der Imperforata von ursprünglich perforaten Formen bilden kann.

In Folge dessen halte ich auch die Bemerkung Rhumbler's, dass *Peneroplis* nicht für die Stammform der Orbitoliten gehalten werden könne, nicht für zutreffend. Aller Wahrscheinlichkeit nach untersuchte Rhumbler nur die einfache Varietät von *Orbitolites complanata*, was leider in der citirten Arbeit nicht angegeben ist.

Wie bei der spiraligen Varietät von *Orbitolites complanata*, so sind auch bei *Peneroplis pertusus* einige der auf die Embryonalkammer folgenden Kammern auf der Außenfläche bisweilen mit Poren versehen, welche jedoch die Schale nicht vollständig perforiren, sondern in derselben blind endigen; wobei, wie es besonders deutlich bei *Peneroplis* wahrnehmbar ist, der allmähliche Übergang derselben in die für *Peneroplis* charakteristischen Grübchen, sowie die unregelmäßigen, die Oberfläche von *Orbitolites* charakterisirenden, Vertiefungen verfolgt werden kann.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Bei Betrachtung der trockenen Schale von *Peneroplis pertusus* mit schwachen Vergrößerungen in Luft, bemerkt man, dass die gesammte Schalenoberfläche mit abwechselnden dunklen und hellen, in der Längsrichtung der einzelnen Kammern hinziehenden Streifen bedeckt ist. Diese Streifen entsprechen Rippen und Furchen zwischen denselben; die Rippen erscheinen glatt, während die Furchen mit kleinen, unregelmäßig angeordneten Vertiefungen bedeckt sind.

Die Scheidewände der Schalen von *Peneroplis* sind von großen Öffnungen durchbohrt, welche ursprünglich zum Durchtritt der Pseudopodien dienen; bei der Vermehrung der Zahl der Kammern stellen dieselben Öffnungen dar, mittels derer das Protoplasma zweier bebenachbarter Kammern zusammenhängt. Die Zahl dieser Öffnungen schwankt je nach der Größe der Kammer; d. h. je jünger und größer die Kammer ist, desto größer ist die Zahl der Öffnungen und umgekehrt.

Die genannten Öffnungen sind bald in einer Reihe bald in zwei Reihen angeordnet. Der letztere Fall ist offenbar durch Zweitheilung einer jeden, der in einer Reihe angeordneten Öffnungen, in einen rechten und linken Abschnitt bedingt, da alle Übergänge einer Öffnung in zwei nachweisbar sind. Es finden sich nämlich Fälle, in denen die Öffnung eine zungenförmige Vorwölbung in ihrer Mitte aufweist, oder in denen zwei einzelne Öffnungen an der äußeren Fläche des Septums in eine Öffnung an der hinteren Fläche übergehen. Der Rand der Öffnungen ist nach außen etwas umgebogen, so dass dieselben wie von einem niederen Kragen umgeben erscheinen.

Bei der Untersuchung der Mikrostruktur der Kalksubstanz der Schalen von *Peneroplis* und anderer Arten bediente ich mich vorwiegend der Methode der Erhitzung in Jodkalium, die mir Prof. Bütschli angegeben hat[1]. Zu dem Zweck benutzte ich hauptsächlich Schalen, welche des protoplasmatischen Inhalts entbehrten. Die trockenen Schalen wurden für einige Minuten in einem Platinlöffelchen in Jodkalium, das über einem Bunsenbrenner geschmolzen war (der Schmelzpunkt liegt bei 634° C.), übergeführt; nach dem Erstarren wurde das Jodkalium aufgelöst und die Präparate dann zunächst in Wasser untersucht. Bisweilen wurden Fragmente der auf diese Weise bearbeiteten Schalen in gewöhnlicher Weise in Kanadabalsam eingeschlossen; bisweilen war es erforderlich, derartige Stückchen aus absolutem Alkohol im Thermostaten zu trocknen und dann direkt

[1] Siehe O. Bütschli, Einige Beobachtungen über Kiesel- und Kalknadeln von Spongien. Diese Zeitschr. Bd. LXIX. p. 235. 1901.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

in geschmolzenen, rasch erhärtenden Kanadabalsam einzuschließen. Gleichzeitig wurden auch Kontrollbeobachtungen angestellt, d. h. Theile von Schalen wurden entweder in Wasser oder in gewöhnlichem, bisweilen auch in geschmolzenem Kanadabalsam untersucht, ohne sie vorher in Jodkalium zu erhitzen. Nach dem Erhitzen in Jodkalium sahen die Schalen durchaus einem Kreidestückchen ähnlich; hier und da war ein dunkler gefärbter Fleck wahrnehmbar, der offenbar außer Kalk noch etwas Kohle als Überrest verbrannter organischer Substanz enthielt.

Peneroplis pertusus.

Bei Untersuchungen mit schwachen Vergrößerungen zeigen die Schalenwände von *Peneroplis pertusus* eine feinkörnige Struktur, welche jedoch bei Betrachtung mit stärkeren Systemen faserartig erscheint.

Bei genauer Untersuchung von Quer- und Längsschnitten der Schalenwandungen von *Peneroplis pertusus* mit sehr starken Vergrößerungen und nach Erhitzen in geschmolzenem Jodkalium erwies es sich, dass die Gesammtdicke der Wandungen eine globulitisch-wabige Mikrostruktur hat. Die Wabenräume besitzen offenbar dickere Wände und haben eine größere Weite in den, den Schalenrippen angehörigen Partien der Wand als in denjenigen, welche den Furchen zwischen letzteren entsprechen (Taf. XXIV, Fig. 1).

Bei Betrachtung größerer Stücke der Schalen von *P. pertusus* lässt sich keine genauere Einsicht dieser Struktur gewinnen. Eine solche erhält man jedoch beim Zerdrücken solcher Stücke in kleinste Bruchtheilchen (sowohl in Wasser als auch in geschmolzenem Kanadabalsam) durch mehrfaches leichtes Klopfen mit einer Nadel auf das Deckglas. Die Schalenstückchen zerfallen dabei ungemein leicht in recht kleine Fragmente, die bisweilen nur zwei bis drei oder gar nur ein Wabenhohlräumchen enthalten (cf. Taf. XXIV, Fig. 2).

An derartig isolirten Fragmenten kann man sich davon überzeugen, dass die Struktur hier und da modificirt erscheint, da in den Knotenpunkten einzelner Waben der kohlensaure Kalk in beträchtlicherer Menge abgelagert ist in Gestalt von mehr oder weniger regelmäßigen kugeligen Gebilden. Ein solcher Bau erinnert durchaus an die von O. Bütschli beschriebene sogenannte globulitisch-wabige Struktur[1].

[1] Siehe O. Bütschli, Vorläufiger Bericht über fortgesetzte Untersuchungen an Gerinnungsschäumen, Sphärokrystallen und die Struktur von Cellulose- und

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Bisweilen ordnen sich die beschriebenen Wabenräumchen augenscheinlich in mehr oder weniger regelmäßigen Reihen an, was bei oberflächlicher Untersuchung mit verhältnismäßig schwachen Vergrößerungen Veranlassung giebt, die Struktur der Schalen von *Peneroplis* als eine unregelmäßig fasrige anzusprechen.

Die äußerste Schicht der Rippen (Fig. 1) besteht aus Waben mit schwach ausgeprägten Knotenpunkten; die Waben weisen außerdem eine Anordnung auf, welche an den Bau eines Alveolarsaums erinnert.

Hinsichtlich der organischen Substanz der Schalen von *Peneroplis pertusus* gelang es mir festzustellen, dass dieselbe die gesammte Dicke der Kalkschale durchdringt. Anfangs erhielt ich bei meinen Versuchen hierüber recht unbestimmte Resultate; nach zwei bis drei resultatlosen Versuchen war es mir möglich einige Präparate anzufertigen, in denen vollkommen klar die erwähnten wechselseitigen Beziehungen in der Vertheilung der organischen und anorganischen Substanz der Schalen ersichtlich waren. Die bezüglichen Präparate wurden auf zweierlei Weise erhalten: entweder wurde die Schale nach Entfernung des plasmatischen Inhaltes auf einmal vermittels schwacher Lösungen von Essigsäure und Methylenblau decalcinirt und gefärbt, oder es wurde zunächst mit schwacher Säurelösung der kohlensaure Kalk entfernt und dann die organische Substanz gefärbt. Die besten Resultate ergab jedoch die Verfolgung des gesammten Verlaufs der Entkalkung unter dem Mikroskop.

Was die chemischen Eigenschaften der organischen Substanz angeht, so erwies sich dieselbe sowohl löslich in Mineralsäuren mittlerer Stärke (z. B. 10—15 % Salzsäure), als auch in Alkalien. Bei Einwirkung von Millon's Reagens nimmt sie eine schwach gelblich-rothe Farbe an, die an die Farbe einzelner rother Blutkörperchen erinnert. Es darf wohl als sicher betrachtet werden, dass die schwach rothe Farbe nur durch die geringe Menge und Dichte der organischen Substanz bedingt wird, dass also eine specifische Eiweißreaktion vorliegt. Dies wird weiter bestätigt durch die Gelbfärbung der organischen Substanz nach Erhitzen mit Salpetersäure und Zufügen von Ammoniak (Xanthoproteinreaktion). Chitin ist daher die organische Substanz nicht, sondern ein Albuminoid.

Beim Färben tingirte sich die die innere Oberfläche der Schale bildende Schicht der organischen Substanz am stärksten.

Chitinmembranen. Verhandl. Nat.-Med. Ver. Heidelberg. N. F. Bd. V. 1894. p. 230—292. 3 Taf. Ferner: Untersuchungen über Strukturen. Leipzig 1898.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Die Struktur des organischen Rückstandes der Schalen nach Entkalkung ist bei *Peneroplis* offenbar ebenfalls wabig (Taf. XXIV, Fig. 4). Wie sich jedoch diese Struktur zu der der Kalksubstanz verhält, ist mir klarzulegen nicht gelungen.

Orbiculina adunca.

Bei oberflächlicher Beobachtung erscheinen die Schalen dieser Rhizopode ähnlich wie bei den Perforata von einer großen Zahl Poren durchbohrt zu sein. Bei genauerer Untersuchung erweist sich jedoch, dass diese Öffnungen von geringer Tiefe sind und blind endigen.

Die Scheidewände sind von zahlreichen Öffnungen für den Durchtritt des Protoplasmas durchbohrt; dieselben erinnern durchaus an die Öffnungen bei *Peneroplis pertusus* und sind ähnlich diesen von kleinen Kragen umgeben.

Die Struktur der Schale genannter Art hat bei mittleren Vergrößerungen ein schwach-körniges Aussehen. An Exemplaren jedoch, welche erhitzt waren, tritt noch deutlicher als bei *Peneroplis* die globulitisch-wabige Struktur hervor. An der Oberfläche der Schalen, sowie um die beschriebenen Vertiefungen der Oberfläche (*V*) ordnen sich die Kalkbälkchen nach Art eines Alveolarsaumes an (Taf. XXIV, Fig. 5).

Miliolina.

Am besten ist die globulitisch-wabige Struktur der Schalen bei den Arten von *Miliolina* ausgeprägt, wo ich sie sowohl an Präparaten, die erhitzt waren, als auch an Schalenfragmenten, welche aus absolutem Alkohol getrocknet und in geschmolzenem Kanadabalsam eingelegt waren, wahrnehmen konnte.

Bei diesen Schalen erlangen die sphärischen Kalkanhäufungen in den Knotenpunkten der Waben eine sehr beträchtliche Größe und können sich häufig auch unmittelbar berühren. Dieser sehr charakteristische Bau tritt besonders deutlich an kleinen, durch Klopfen auf das Deckglas erhaltenen Fragmenten erhitzter Schalen hervor. Derartige Bruchstückchen werden am besten in Wasser, als in einem schwach brechenden Medium, untersucht. Fig. 6 zeigt eine Anzahl solcher Fragmente und ihre Verschiedenheiten. Aus dem Geschilderten geht hervor, dass die Mikrostruktur der *Miliolina*-Schale auf der Grenze zwischen einem globulitisch-wabigen und einem globulitischen

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Bau steht. Die Knotenpunkte des Maschenwerks sind zweifellos Globuliten, welche bald direkt und inniger mit einander verwachsen, bald durch Fädchen oder Lamellen zu einem lockereren Maschen- oder Wabenwerk mit einander verbunden sind. Es sind dies Strukturen, wie sie Bütschli 1898, z. B. von geronnener löslicher Stärke (p. 69) schilderte, und wie sie nach seinen Erfahrungen bei Fällung verdünnter Lösungen von Kolloiden als lockerere oder festere Gerinnselbildungen sich abscheiden, indem die ursprünglich ganz getrennten und zähflüssigen Globuliten (d. h. feinste Tröpfchen) bei der Sedimentation und Erstarrung mehr oder weniger innig mit einander verschmelzen.

Polytrema.

Von Perforaten untersuchte ich zunächst *Polytrema miniaceum* Pall. sp., deren Kalkschalen eine sehr deutliche Mikrostruktur aufweisen. Es gelang mir diese Struktur nicht nur an Schalen, welche erhitzt waren, sondern auch an einfach zerkleinerten und in Wasser mit starken Vergrößerungen untersuchten wahrzunehmen.

Der Bau der Schalensubstanz ist auch hier ein globulitisch-wabiger, obgleich die einzelnen Knotenpunkte des Gerüstwerks nicht die regelmäßig sphärische Form aufweisen wie bei *Miliolina*, sondern im Gegentheil recht unregelmäßig gestaltet sind (Taf. XXIV, Figg. 7 bis 10). Charakteristisch für die Mikrostruktur dieser Schalen ist die relative Stärke der Gerüstbälkchen gegenüber den von ihnen umfassten Hohlräumchen. Dass auch diese Struktur durch Verschmelzung von Globuliten, unter Einschluss von Hohlräumchen entstand, dürfte namentlich aus Fig. 8 klar hervorgehen, welche die einzelnen Globuliten zum Theil noch gut erkennen lässt.

In meinen Präparaten fanden sich auch Stellen, wo die Kalkbälkchen sich in regelmäßigen parallelen Reihen anordneten.

Über die Mikrostruktur von *Polytrema*-Schalen hat bis jetzt nur Merkel in seiner, der Beschreibung dieser Art gewidmeten Arbeit Einiges berichtet[1]. Er erkannte unter Bütschli's Leitung schon, dass eine feinmaschige Mikrostruktur vorliegt.

Wie bekannt, ist die Schale dieser Art sehr komplicirt gebaut. Außer den bei allen Perforaten vorhandenen Poren finden wir bei ihr noch sogenannte Pfeiler. Bereits Merkel lenkte die Aufmerksam-

---

[1] F. Merkel, Beiträge zur Kenntnis von *Polytrema miniaceum* Pallas sp. Diese Zeitschr. Bd. LXVII. p. 27. Sep.-Abdr.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

keit auf die radiäre Anordnung des Wabenwerks der Schalensubstanz um die Porenkanäle, wobei jedoch seine Befunde sich in einigen Punkten von dem unterscheiden, was ich beobachten konnte. Anfangs nahm ich mit Merkel an, dass hier eine Anordnung vorliege, welche an die radiäre Anordnung der Waben des Protoplasmas um Vacuolen erinnert. Bei genauerer Beobachtung stellte sich jedoch heraus, dass die radiäre Strahlung um die Porenkanälchen etwas anderer Art ist. Die strahlige Struktur kommt nämlich hauptsächlich dadurch zu Stande, dass etwas dickere Züge des Gerüstwerks sich strahlig um den Porus gruppiren. Natürlich muss dieser Erscheinung eine gewisse strahlige Anordnung des gesammten Hohlräumchenwerks zu Grunde liegen (Taf. XXIV, Fig. 9). Bisweilen fand ich jedoch Poren, um welche die Vertheilung der Substanz mehr oder weniger an die Abbildung Merkel's (s. dort Fig. 19) erinnerte.

Der Bau derjenigen Pfeiler, welche hohl sind, weist auf dem Querschnitt (Fig. 10) die Besonderheit auf, dass etwa die innere Hälfte der Dicke der Pfeilerwand (*i*) einen radiär faserig-maschigen Bau besitzt. Diese Partie der Pfeilerwand besitzt gleichzeitig ein viel feineres Gerüstwerk als der äußere Wandtheil (*a*). Auf der Grenze beider Partien findet sich eine Zone von Hohlräumchen, die durch sehr dicke und dunkle, radiär gestellte Balken geschieden werden (*g*).

Polystomella, Discorbina, Operculina.

Auf Schliffen durch die Schalen von *Polystomella* sp. lässt sich, wie auch bei vielen anderen Perforaten, wahrnehmen, dass die Poren nicht Kanäle von überall gleichem Durchmesser sind, sondern entsprechend der Schalenschichtung auf einander folgende Erweiterungen und Verengerungen zeigen (s. z. B. Fig. 14 von *Operculina*). Die Kalksubstanz der Schalenwand besteht aus alternirenden hellen und dunkeln, d. h. schwächer und stärker lichtbrechenden Schichten (bei tiefer Einstellung des Tubus), welche der Oberfläche der Schale parallel laufen, wobei die hellen Schichten den Erweiterungen, die dunklen den Verengerungen der Porenkanäle entsprechen. Die Dicke der Schichten ist nicht überall gleich, entsprechend der verschiedenen Länge der Glieder der Porenkanäle.

Ein ähnlicher Bau der Porenkanälchen findet sich bei *Discorbina* sp. und *Operculina complanata* Defr. sp. und ist, wie gesagt, bei den Perforaten sehr verbreitet. Bei *Operculina* (Fig. 14) haben die Verbreiterungen der Kanälchen im Vergleich zu denen von *Polystomella* eine mehr längliche, etwa kolbenartige Form.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Wodurch ist nun die Verschiedenheit der Schichten bedingt? Hierüber habe ich keine völlige Klarheit erlangt; doch dürfte es sehr wahrscheinlich sein, dass die dunklen Schichten von weniger poröser, d. h. dichterer Kalksubstanz gebildet werden, während die dickeren und helleren Schichten aus poröserer, weniger dichter Substanz bestehen. Hierfür spricht das Bild, welches die Fragmente der Schalensubstanz von *Operculina* nach dem Erhitzen bieten (Fig. 15). Die dunklen Schichten zeigen keine Hohlräumchen, die hellen dagegen sind von zahlreichen Hohlräumchen durchsetzt.

Bei Beobachtung der obersten Schicht der Schalen von *Polystomella* und *Discorbina* konnte ich bisweilen wahrnehmen, dass dieselbe von zarten Linien oder Spalten durchzogen ist, welche sie in einen Komplex unregelmäßiger Vielecke zerlegt (Fig. 11). Diese Beobachtungen beziehen sich sowohl auf erhitzte Präparate, als auch auf solche, die einfach in Wasser untersucht wurden.

Offenbar gehen diese Spalten von der Oberfläche der Schalen durch die gesammte Dicke der Schalenwand hindurch und sondern sie in einzelne radiale Stücke, in welche die Wand auch bei leichtem Druck zerfallen kann (Fig. 12).

Die Frage nach dem Entstehen dieser Theilstücke bleibt für mich unaufgeklärt, wesshalb ich auch keine Vermuthungen aussprechen will. Da vielleicht angenommen werden könnte, dass hierbei die Erhitzung eine Rolle spielte, betone ich nochmals, dass diese Erscheinung auch an unerhitzten Schalen beobachtet wird; einer derartigen Annahme widerspricht auch der Umstand, dass die Schale keines der anderen untersuchten Rhizopoden nach dem Erhitzen Spuren einer solchen Erscheinung darbot.

Die Außenfläche der Schale von *Operculina* ist glatt, während die Innenfläche im optischen Querschnitt wie gezähnt erscheint, in Folge davon, dass die zwischen den dichtstehenden Poren befindliche Kalksubstanz in Form kleiner Höcker mehr oder weniger in den Schalenhohlraum vorspringt (Fig. 14 *Is*). Bei Betrachtung der äußeren Fläche sind die Poren am deutlichsten bei tiefer Einstellung des Mikroskops wahrzunehmen.

Was die Mikrostruktur der Kalksubstanz betrifft, so konnten auf Präparaten der erhitzten Schalen von *Polystomella* und *Discorbina*, die in eingedickten Kanadabalsam eingeschlossen waren, sehr gut die einzelnen kleinen sphäroidalen, mit Gas erfüllten Hohlräumchen wahrgenommen werden. Diese Hohlräume sind offenbar in zwei zu einander senkrechten Richtungen angeordnet, wobei ihre Durchmesser

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

recht verschieden sind; bisweilen sind sie auch ziemlich unregelmäßig gestaltet (cf. Fig. 13). Ein derartiger Bau der Schalensubstanz lässt sich sowohl auf Längs- als auf Querschnitten leicht konstatiren. Was aber hier, im Gegensatz zu der Struktur anderer Rhizopodenschalen, besonders auffällt, ist, dass die Hohlräumchen viel spärlicher sind und die Schalensubstanz daher nicht den wabigen Charakter zeigt, den wir sonst gewöhnlich fanden.

Kleine Schalenfragmente von *Discorbina* sp. dagegen, welche nach dem Erhitzen in sehr stark lichtbrechendem Cassiaöl untersucht wurden, wiesen eine prächtige Wabenstruktur auf (Fig. 18).

An Schalenfragmenten von *Operculina complanata* Defr. sp., und zwar sowohl solchen, welche in gewohnter Weise erhitzt, als auch solchen, welche direkt in geschmolzenen Kanadabalsam eingeschlossen wurden, ist sowohl auf Längs- als Querschnitten der Wand eine etwas unregelmäßige globulitisch-wabige Struktur gut zu erkennen (Figg. 15 u. 16).

Nur bei Untersuchung der allerkleinsten Schalenfragmente gelang es mir jedoch sicher festzustellen, dass auch hier die Bälkchen des Gerüstwerks als Verschmelzungsprodukte von Globuliten zu deuten sind (Fig. 17).

Wie gesagt, war in günstigen Fällen dieselbe Struktur auch an kleinen Bruchstücken ohne vorhergehendes Erhitzen wahrzunehmen.

Interessante Veränderungen der Schalensubstanz habe ich bei *Discorbina, Polystomella* und *Globigerina* dann beobachten können, wenn sie eine Viertelstunde und länger in geschmolzenem Jodkalium verblieben. Es erwies sich nämlich, dass dann die Struktur der Schalensubstanz eine Umgestaltung erleidet, ähnlich der von O. Bütschli beim allmählichen Umkrystallisiren erstarrter geschmolzener Schwefeltröpfchen beobachteten[1].

Es scheint mir, dass man sich diesen Vorgang in folgender Weise vorstellen kann. Wie hervorgehoben, hat der kohlensaure Kalk in den Schalen der drei oben erwähnten Rhizopoden eine mehr oder weniger deutlich ausgeprägte globulitisch-wabige Struktur. Unter dem Einfluss länger dauernder Erhitzung beginnt der kohlensaure Kalk in den Knotenpunkten des Wabengerüstes sich anzuhäufen und daselbst auszukrystallisiren in Form kleiner, gewöhnlich rhombenartig erscheinender und meist von ein bis mehreren Hohlräumchen erfüllter Gebilde (Figg. 19 u. 20), die sich sehr deutlich von der

[1] O. Bütschli, Untersuchungen über Mikrostrukturen des erstarrten Schwefels etc. Leipzig 1900. Cf. Taf. I, Fig. 4*a*, 4*b* u. 5.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

wenig oder nicht veränderten wabigen Kalksubstanz unterscheiden lassen.

Doppelbrechung der Kalkschalen von Rhizopoden.

Außer den angeführten Beobachtungen über die Mikrostruktur habe ich noch einige an den Kalkschalen mariner Rhizopoden im polarisirten Licht angestellt. Derartige Beobachtungen können uns natürlich Material für einen Einblick in die innere Struktur des kohlensauren Kalkes ergeben. An den einzelnen Fragmenten des globulitisch-wabigen Gerüstwerks war leider, ihrer Kleinheit wegen, die Doppelbrechung nicht zu erkennen.

Bei Untersuchung ganzer Schalen erwies es sich, wie auch zum Theil schon früher bekannt[1], dass sie sich in optischer Hinsicht wie Sphärokrystalle oder Gruppen solcher verhalten. Bei *Globigerina bulloides* d'Orbg., *Hastigerina* (s. Fig. 21), *Discorbina* sp., *Planorbulina mediterranea* d'Orbg. verhält sich jede Kammer der Schale wie ein negativer Sphärokrystall mit ganz regelmäßigem schwarzen Kreuz, wie dies für *Globigerina* schon M. Schultze, Valentin für eine fossile *Rotalia*, und v. Ebner für *Polystomella* zeigten. Schauf hat neuerdings bei *Globigerina* die Erscheinung wieder beobachtet, ohne Kenntnis der früheren Arbeiten. Bei *Heterostegina* ist das Kreuz der Längsrichtung der Kammern entsprechend verzerrt, indem die Kreuzschenkel paarweise durch einen dunklen Arm verbunden sind.

Die Kalkstacheln von *Hastigerina* verhalten sich wie optisch negative einachsige Krystalle.

Die Gesammtschalen von *Orbitolites* und *Peneroplis* verhalten sich bei der Betrachtung von der Breitseite interessanterweise wie optisch-positive Sphärokrystalle; doch tritt das schwarze Kreuz kaum oder nur wenig scharf hervor. Dagegen ist der optische Charakter bei Anwendung des Gipsplättchens 1. O. an der Farbenvertheilung gut zu erkennen. Bei *Orbitolites* ist deutlich zu beobachten, dass sich die koncentrischen Kammerwände, sowie die Wände der Flachseiten, optisch umgekehrt verhalten, wie die radiär gerichteten; die letzteren verhalten sich wenigstens auf Dünnschliffen deutlich wie positiv ein-

---

[1] Siehe hierüber 1861, Valentin, Untersuchung der Gewebe in polarisirtem Licht (p. 207). — 1863, M. Schultze, Verhandl. d. nat. hist. Ver. d. preuß. Rheinl. u. Westf. XX. p. 12. — 1887, V. v. Ebner, Über den feineren Bau der Skeletttheile der Kalkschwämme etc. Sitz.-Ber. d. k. Akad. d. Wiss. Wien. Math.-phys. Kl. Abth. I. Bd. XCV. p. 135. — 1898, W. Schauf, Bericht der Senckenberg. naturf. Gesellsch. Frankfurt a. M. p. 27.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

achsige, radiär um das Centrum geordnete Krystalle; die koncentrischen Wände und die Horizontalwände dagegen wie tangential angeordnete derartige Krystalle. Doch bedarf dies Verhalten in seinen Einzelheiten jedenfalls noch genauerer Untersuchung.

Aus Vorstehendem folgt, dass die optischen Achsen in den verschiedenen Schalenbestandtheilen nicht stets gleich orientirt sind, dass daher der optische Gesammtcharakter der Schalen jedenfalls ein Ergebnis der vorherrschenden Richtungen ist. Es darf daher auch nicht geschlossen werden, dass die kohlensaure Kalksubstanz der Schalen von *Peneroplis* und *Orbitolites* etwa von umgekehrtem optischen Charakter wäre, wie die der übrigen, vielmehr handelt es sich wohl nur um das Vorwiegen einer anderen Anordnung ihrer Elemente.

Die Kalksubstanz um die Ränder der Öffnungen in den Septen von *Peneroplis* erwies sich bei Betrachtung von der Fläche merkwürdigerweise optisch-negativ.

Gelegentlich untersuchte ich auch die Skelette einiger Radiolarien zwischen gekreuzten Nicols, wobei sich ergab, dass, wie bekannt, die Kieselskelette nicht doppelbrechend sind, während die Nadeln der *Acantharia* (ich untersuchte *Acanthometra*, *Acanthochiasma* und *Xiphocantha*) positiv doppelbrechend sind, d. h. die Achse kleinster optischer Elasticität (im Sinne der Krystallographen) fällt mit der Längsachse der Nadeln zusammen.

Heidelberg, im Oktober 1901.

(Eingesendet an die Redaktion December 1902.)

Erklärung der Abbildungen.

PK, Porenkanäle; *p*, Wabenhohlräume.

Tafel XXIV.

Fig. 1. Ein Schalenfragment von *Peneroplis pertusus* erhitzt in geschmolzenem Jodkalium. Querschnitt der Rippen (*r*) und Furchen (*f*). Präparat im Wasser. Obj. 2 mm, Oc. 18 (Seibert). Tiefe Einstellung.

Fig. 2 *a—e*. Ganz kleine Bruchstückchen der Kalksubstanz der erhitzten Schale von *Peneroplis*. Präparat im Wasser. Obj. 2 mm, Oc. 18 (Seibert). Tief.

Fig. 3. Schiefer Querschnitt durch drei Kammern einer *Peneroplis*-Schale. *Pso*, die Öffnungen in den Scheidewänden. Kanadabalsampräparat. Obj. III, Oc. I (Seibert).

Fig. 4. Struktur der organischen Substanz der *Peneroplis*-Schale. Wasserpräparat. Färbung mit Methylenblau. Obj. 2 mm, Oc. 12 (Seibert).

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Fig. 5. Ein Fragment der erhitzten Schale von *Orbiculina adunca* in geschmolzenem Kanadabalsam. Flächenansicht. Obj. 2 mm, Oc. 18 (Seibert). *V*, Vertiefung an der Oberfläche der Schale.

Fig. 6*a*—*h*. Kleine Bruchstückchen der Kalksubstanz der erhitzten Schale von *Miliolina* sp. In Wasser. Obj. 2 mm, Oc. 18 (Seibert).

Fig. 7. Ein Schalenfragment von *Polytrema miniaceum* (nicht erhitzt). Präparat in geschmolzenem Kanadabalsam. Obj. 2 mm, Oc. 18 (Seibert).

Fig. 8. Ein Fragment der Schale von *Polytrema miniaceum* (erhitzt). In Wasser. Obj. 2 mm, Oc. 18 (Seibert).

Fig. 9. Ein Fragment der Schale von *Polytrema miniaceum* (nicht erhitzt). Porusquerschnitt. Präparat in geschmolzenem Kanadabalsam. Obj. 2 mm, Oc. 12 (Seibert).

Fig. 10. Ein Schalenfragment von *Polytrema miniaceum* (erhitzt). Pfeilerquerschnitt. Präparat in Wasser. Obj. 2 mm, Oc. 18 (Seibert). *Pfo*, Pfeilerlumen.

Fig. 11. Ein Schalenfragment von *Polystomella* (erhitzt). Polygonale Felderung der Oberfläche. Präparat in geschmolzenem Kanadabalsam. Obj. 2 mm, Oc. 18 (Seibert).

Fig. 12. *Polystomella* (erhitzt). Seitenansicht eines Schalenfragments, das den Feldern der Fig. 11 entspricht. In Wasser nach Erhitzung in Jodkalium. Obj. 2 mm, Oc. 18 (Seibert).

Fig. 13. Ein Fragment der *Polystomella*-Schale (erhitzt). Längsschnitt durch die Porenkanäle. Präparat in geschmolzenem Kanadabalsam. Obj. 1/12, Oc. 18 Seibert).

Fig. 14. Halbschematische Zeichnung eines Schliffs durch die Schale von *Operculina complanata*. Mittlere Vergrößerung. *Ins*, innere Fläche der Schalenwand.

Fig. 15. Ein Fragment der Schale von *Operculina complanata* (erhitzt). Präparat in geschmolzenem Kanadabalsam. Längsschnitt. Obj. 2 mm, Oc. 18 (Seibert).

Fig. 16. Ein Fragment der Schale von *Operculina complanata* (erhitzt). Präparat in geschmolzenem Kanadabalsam. Querschnitt durch die Porenkanäle. Obj. 2 mm, Oc. 18 (Seibert).

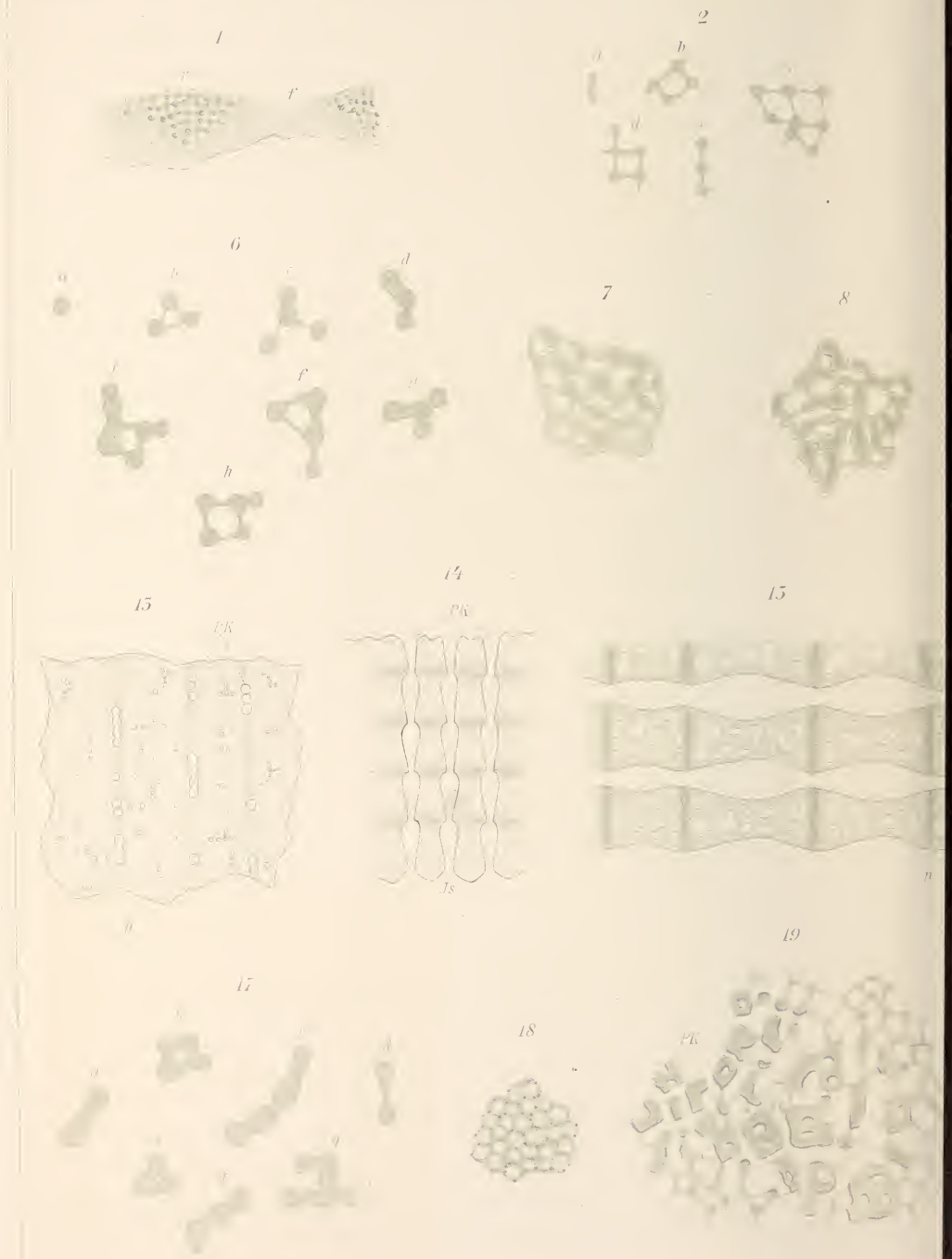
Fig. 17*a*—*g*. Ganz kleine Fragmente der Kalksubstanz der Schale von *Operculina complanata* (erhitzt). Wasserpräparat. Obj. 2 mm, Oc. 18 (Seibert).

Fig. 18. Ein Fragment der Schale von *Discorbina* (erhitzt). Präparat in Cassiaöl. Obj. 2 mm, Oc. 18 (Seibert).

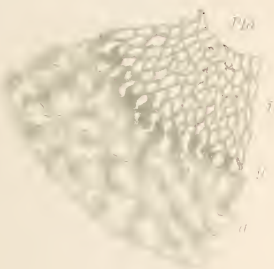
Fig. 19—20. Zwei Fragmente einer *Discorbina*-Schale nach $^1/_4$stündigem Erhitzen in geschmolzenem Jodkalium. Zeigt die Umwandlung der Kalkstruktur. Präparat in geschmolzenem Kanadabalsam. Obj. 2 mm, Oc. 12 (Seibert).

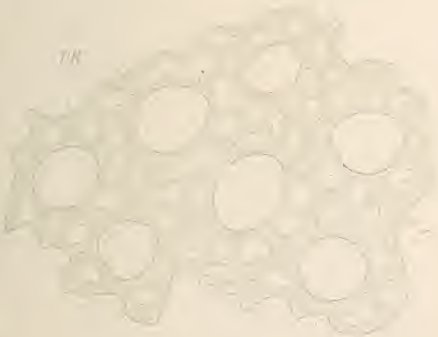
Fig. 21. *Hastigerina pelagica* zwischen gekreuzten Nicols. Schwache Vergrößerung.

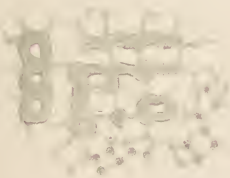
© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

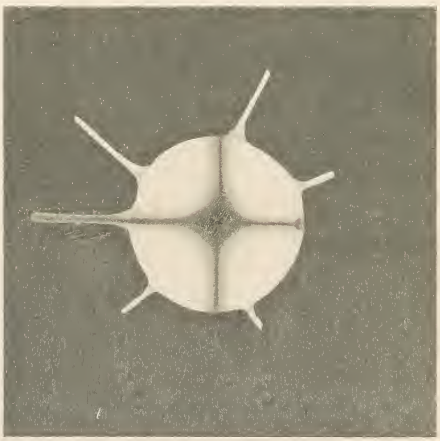


© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

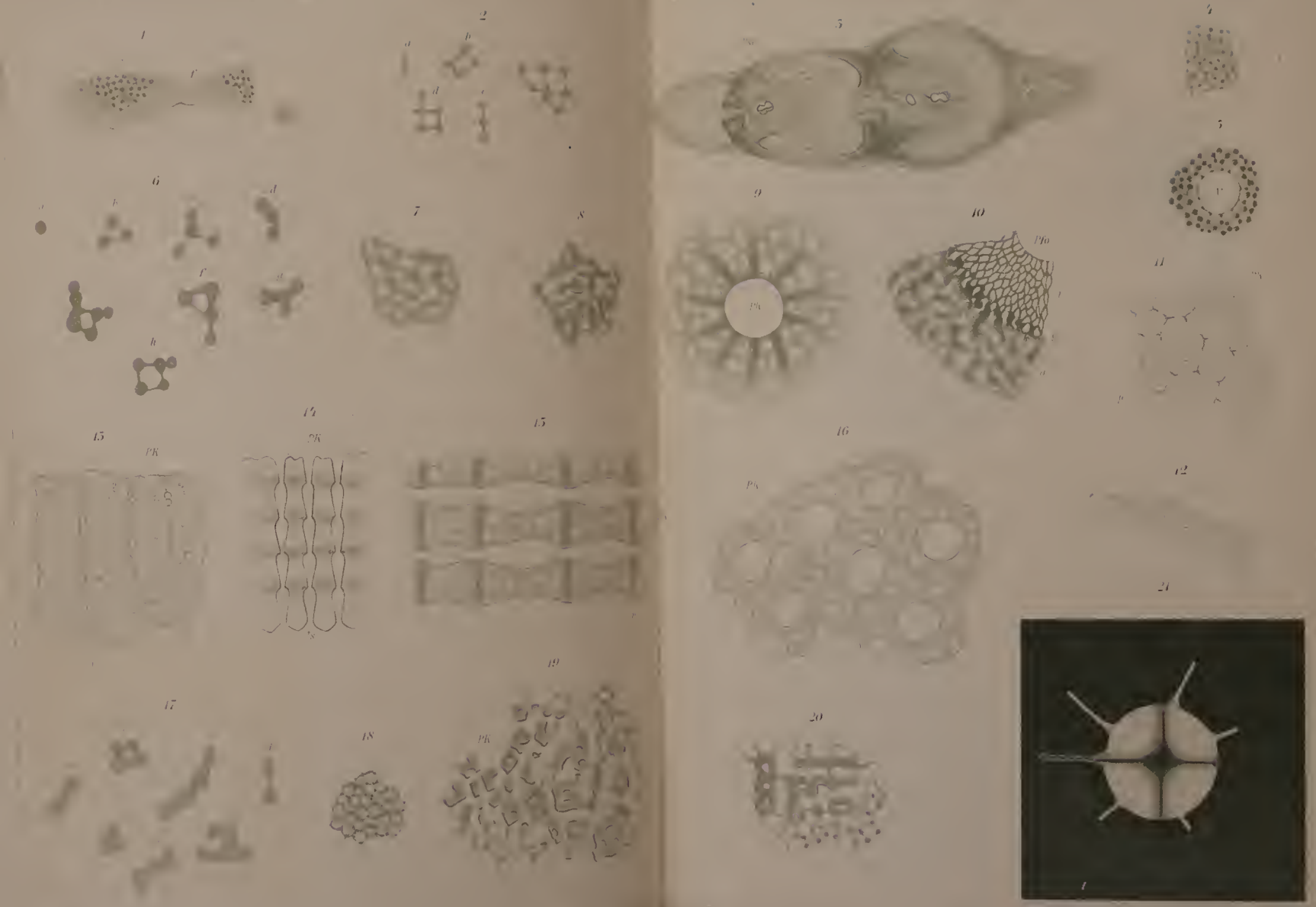








© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie

Jahr/Year: 1903

Band/Volume: 74

Autor(en)/Author(s): Awerinzew Sergei Wassiljewitsch

Artikel/Article: Über die Struktur der Kalkschalen mariner Rhizopoden 478-490