

Besonderer Abdruck
aus der Zeitschrift der Deutschen geologischen Gesellschaft.
Jahrgang 1884.

B. Briefliche Mittheilung.

Herrn VON GÜMBEL an Herrn W. DAMES.

Ueber die Beschaffenheit der Mollusken-Schalen.

München, den 25. Juli 1884.

Bei Untersuchungen, welche ich an Mollusken-Schalen vornahm, um mir über die Ursache, weshalb gewisse Arten von Schalthieren in derselben Gesteinsschicht und unter sonst gleichen Verhältnissen wohlerhaltene Ueberreste zurückgelassen haben, während die Schalen anderer Gattungen oder Arten ganz oder theilweise verschwunden, in gewissen Fällen durch andere, als die ursprünglich vorfindliche Mineralsubstanzen ersetzt sind, durch eigene Wahrnehmungen Rechenschaft zu verschaffen, stiess ich auf eine Reihe von Erscheinungen, welche nicht ohne allgemeines Interesse sein dürften.

Man leitet jetzt ziemlich allgemein dieses verschiedene Verhalten nach G. ROSE'S Untersuchungen von der Verschiedenartigkeit der Krystallisation des in den Schalen enthaltenen Kalkcarbonates ab und nimmt an, dass die hauptsächlich aus Kalkspath bestehenden Hartgebilde es sind, welche sich wohlerhalten als Versteinerungen vorfinden, während die aus Aragonit gebildeten Schalen leicht der Zerstörung unterliegen und deshalb grossen Theils verschwunden sind. An den Mollusken-Schalen hat man bekanntlich, abgesehen von den Epidermalgebilden, drei verschiedenartige Ausbildungsweisen oder Structurverhältnisse erkannt, die sich mit einander in mehr oder weniger parallelen Lagen vereinigen oder auch zu je zwei verbunden vorfinden, nämlich 1. die sogen. Kalkstäbchen- oder Röhrchen-, auch Prismenschicht genannt, 2. die Perlmutterschicht und 3. die Porzellanschicht, die bis jetzt nur selten scharf unterschieden wurde. Es ist wohl kaum zweifelhaft, dass allen diesen Abänderungen in der Schalenstructur eine organisirte thierische Sub-

stanz zu Grunde liegt, welche, mag man sie als zellig, häutig oder gefässartig gebildet auffassen, in jedem Falle die Hülle oder das Gefäss ausmacht, in welchen oder zwischen welchen die mineralische Substanz (hier vorwaltend Kalkcarbonat oder schlechtweg Kalk) sich abgelagerte und die Festigkeit der Schale bedingt.

Man hat sich schon seit Anfang des vorigen Jahrhunderts mit der Frage nach der Natur dieses mineralischen Bestandtheils der Mollusken-Schalen und dem Verhalten desselben zu der thierischen Substanz beschäftigt. Doch erst GUST. ROSE'S vortreffliche Arbeit (Ueber die heteromorphen Zustände des Kalks in: Abh. d. Berl. Akad. für das Jahr 1858) hat über diesen Gegenstand ein so helles Licht verbreitet, dass jene Untersuchungs-Resultate seit dieser Zeit allgemein als maassgebend angesehen wurden. Darnach besitzt der Kalk der Röhrschicht der Mollusken die Krystallisation des Kalkspaths, die Perlmutter-schicht dagegen und der Kalk der Porzellanschalen gehört weit vorwaltend dem Aragonit an; ausnahmsweise jedoch sollen die Austernschalen, wie jene von *Pecten*, *Spondylus* etc., ganz aus Kalkspath bestehen. ROSE begründete diese wohl auch zum Theil von früheren Forschern schon ausgesprochene Annahme hauptsächlich durch sehr sorgfältige Bestimmungen der Härte, des spec. Gewichtes und der Aetzfiguren, ohne aber, was sehr auffallend erscheint, auf die auch ihm nicht unbekannt gebliebenen, merkwürdigen optischen Erscheinungen an den Muschelschalen einzugehen, die doch schon BREWSTER¹⁾ entdeckt hatte, indem er nachwies, dass die Perlmutter-schicht, wie der Aragonit, zwei Axen doppelter Strahlenbrechung erkennen lasse. Auch KÖLLIKER²⁾ und später LEYDOLT haben dieses optische Verhalten bestätigt.

Fasst man die verschiedenen, zur Unterscheidung des Kalkspaths und des Aragonits der Muschelschalen besonders von G. ROSE in Anwendung gebrachten Untersuchungen schärfer in's Auge, so kann man sich des Gefühls einer gewissen Unsicherheit nicht ent schlagen. Das tritt besonders bei der Bestimmung des spec. Gewichtes hervor, wenn man findet, dass, obgleich in der Mollusken-Schale noch thierische Substanz von sehr geringem spec. Gewichte bis zu 1½ pCt. mit dem Kalk verbunden ist, welche das spec. Gewicht des Ganzen verringern muss, die meisten Schalen ein relativ hohes spec. Gewicht besitzen. G. ROSE selbst fand dasselbe bei der Austernschale zu 2,732, also etwas höher als das des Kalkspaths, aus dem doch nach seiner Annahme diese Schalen

¹⁾ Bibl. un. de Genève 1836, II., pag. 182.

²⁾ Zeitschr. f. wiss. Zool. X., pag. 231.

bestehen sollen, und bei *Strombus gigas*, dessen Schale Aragonit enthalten soll, zu 2,970, also etwas höher als bei Aragonit, wie G. ROSE selbst hinzugefügt, wegen der beigemengten organischen Substanz. Im grossen Ganzen bewegt sich das spec. Gewicht der Mollusken-Schalen zwischen 2,65 und 2,9, also allerdings zwischen dem des Kalkspaths und dem des Aragonits. Doch kann dies relativ hohe spec. Gewicht sicher nicht von der Beimengung der organischen Substanz herrühren. Denn nach meinen Versuchen erreicht das spec. Gewicht der nach sorgfältiger Entfernung des Kalkes durch verdünnte Säuren zurückbleibenden häutigen Membranen bei der *Pinna nigrina* (Stäbchenschicht) nur 1,063; bei *Nautilus pompilius* 1,395, im Deckel von *Paludina vivipara* 1,351. So gering auch nach Gewichtsprocenten genommen die Menge dieser organischen Substanz sein mag, immerhin wird sie das spec. Gewicht der Schale im Ganzen nur herabdrücken, nicht erhöhen. Dagegen ist zu bemerken, dass durch alle Analysen eine wenn auch geringe Beimengung von phosphorsaurem Kalk nachgewiesen ist. SCHLOSSBERGER fand wenigstens Spuren von Phosphorsäure, C. SCHMIDT in *Anodonta* 0,55 phosphorsauren Kalk, C. v. VAIT in der Flussperlmuschel 0,2. Auch diese Beimengung scheint wenig geeignet, das spec. Gewicht wesentlich zu beeinflussen. Ausserdem fand ich häufig bei Auflösen von Schalen lebender Mollusken im Rückstande Körnchen von Sand, Thonflocken und bei *Ostrea edulis* sogar kleine Nadelchen von Quarz, welche Substanzen ebenfalls nur unbedeutlichen Einfluss auf das spec. Gewicht ausüben können. Das Alles deutet darauf hin, dass die Bestimmung des spec. Gewichtes wenig geeignet scheint, die Frage zur Entscheidung zu bringen, ob dieser oder jener Schalentheil dem Kalkspath oder dem Aragonit angehöre. Es wäre ja denkbar, dass ein weiterer noch dichter Zustand des Kalkcarbonats sich an der Zusammensetzung der Mollusken-Schalen beteiligt.

Was die Benutzung des Härtegrades anbelangt, so stossen wir auch hierbei auf ähnliche Schwierigkeiten, weil ja bekanntlich Kalkspath wie Aragonit in verschiedenen Richtungen sehr verschiedene Härte besitzen (siehe PFAFF, Das Mesosklerometer). Das hat nun zwar auch G. ROSE wohl berücksichtigt, indem er bei seinen Versuchen das Ritzen immer auf den Spaltflächen eines Kalkspathes in der schiefen Diagonale von oben nach unten, wie er sich ausdrückt, vornahm, Aber bei dem Schalenstück, mit dem man diese Ritzung vornimmt, können wir denn doch nicht wissen, in welchen verschiedenen harten Richtungen der Schalensubstanz die Ritzung vorgenommen wird. Täuschungen sind daher hierbei nicht ausgeschlossen. Bei Versteinerungen ist dieses Hilfsmittel an sich

nicht zulässig, weil bei diesen während des Versteinerungsprocesses verschiedenartige substanzielle Veränderungen vor sich gegangen sein können, welche den ursprünglichen Härtegrad wesentlich abändern. Zeigt es sich doch schon bei den Proben mit gewöhnlichen Kalksteinen der verschiedenen Schichten, dass sie fast durchweg den Kalkspath in der Richtung seiner grössten Härte ritzen. Dazu kommt, dass in den Schalen selbst recenter Mollusken, wie schon erwähnt, sandige oder erdige Theilchen eingeschlossen sein können, welche die Härteversuche illusorisch machen.

Es scheint deshalb auch G. ROSE das Hauptgewicht für die Unterscheidung von Kalkspath und Aragonit auf die Wahrnehmung bei Aetzversuchen nach LEYDOLT's Vorgänge gelegt zu haben. Seine Beschreibungen und figürlichen Darstellungen sind auch so bestimmt und klar, dass es kaum zulässig scheint, einen Zweifel über die Richtigkeit der Schlussfolgerungen aufkommen zu lassen, umsoweniger, als auch LEYDOLT's Resultate damit übereinstimmen. Gleichwohl liegt auch in dieser Richtung ein wichtiger Umstand in Mitten, der wenigstens bei meinen Untersuchungen mir in den Weg trat; nämlich die eigenthümliche feinere, zellenähnliche Structur der organischen Häutchen und Membranen, welche vielfach die Formen von Aetzfiguren nachahmen. Bei sehr zahlreichen von mir an recenten Schalen unternommenen Aetzversuchen konnte ich mich in keiner Weise von dem Vorhandensein solcher Aetzfiguren, die sich auf Kalkspath oder Aragonit deuten liessen, mit voller Sicherheit überzeugen, wohl aber sah ich überall die eigenthümlich zellige Structur der Membranen. Man bedenke nur, dass wir es mit feinsten Kalktheilchen zu thun haben, die besten Falls 0,04 — 0,05 mm im Durchmesser haben und bei denen die Aetzresultate bei 350 bis 400facher Vergrösserung zu beobachten sind!

Meine Untersuchungen habe ich zu meiner eigenen Controle hauptsächlich mit denselben recenten Muschelschalen vorgenommen, welche auch G. ROSE zu seinen Beobachtungen benutzte, nämlich mit *Ostrea edulis*, *Pinna nigra*, *Avicula margaritifera*, *Unio*, *Anodonta*; ausserdem habe ich auch zahlreiche andere Arten untersucht.

Die äussere Schalenschicht, welche G. ROSE die Faserschicht nennt, die man gewöhnlich als Prismen- oder Kalkstäbchenschicht bezeichnet, verhält sich bei fast allen Mollusken-Schalen ziemlich übereinstimmend. Dieselbe besteht aus Bienenwaben-ähnlichen, nur längeren, zelligen, fünf, sechs bis mehrseitigen, zur Schalenoberfläche nahezu senkrecht stehenden Röhrchen, von welchen ein grosser Theil nach Innen, ein anderer Theil nach Aussen spitz zuläuft, so dass man

eigentlich nicht von einer prismatischen Structur derselben reden kann. Diese Zellen oder Waben werden von einer relativ ziemlich dicken und derben Membran von ähnlicher Beschaffenheit wie die Epidermal - Membranen gebildet und zeigen eine oft ziemlich stark hervortretende Querstreifung, welche lebhaft an die quergestreiften Holzzellen erinnert. v. NATHUSIUS zeichnet sie auf t. XII. (Unters. über nicht zelluläre Organismen 1877) vortrefflich ab. Diese Querstreifchen rühren davon her, dass an den Wänden stellenweis querüber Zwischenwände von sehr dünnen Häutchen angesetzt sind, durch welche ein Röhrchen oft in eine sehr beträchtliche Anzahl von zellen- oder kammerähnlichen Abtheilungen gegliedert ist. Ich habe mich an entkalkten, zerfetzten Exemplaren auf das Bestimmteste von diesen bis jetzt fast völlig übersehenen Querwänden, die bereits auch v. NATHUSIUS darstellt, überzeugt. Höchst bemerkenswerth ist die feinere Textur dieser Querwände, welche nach dem Aetzen neben unregelmässigen Fältchen mit kleinsten netzförmigen, meist eckigen Grübchen dicht besetzt erscheinen, vor dem Aetzen aber fein punktirt sich erweisen.

In und zwischen diesen Zellen-ähnlichen Fächern der Röhrchen ist nun der Kalk abgelagert und bildet demnach in den einzelnen Röhrchen keine unterbrochene Säule, sondern nur eine Ausfüllungsmasse in der Form der organischen Räume. Bei dem Behandeln der Röhrchen mit Säuren werden die äusserst feinen Häutchen der Querwände meist zerrissen und es erscheint dann der Raum der Röhrchen hohl oder mit nur schwachen Resten der Querhäutchen hier und da versehen. Man muss wohl annehmen, dass das Organische das zuerst Gebildete und Formbestimmende sei, während der Kalk als Abscheidung in die gebildeten Räume gleichsam infiltrirt und abgesetzt wurde.

Aetzt man nun die Röhrchenschicht auf der Schlifffläche senkrecht zu ihrer Längsrichtung mit aller Vorsicht, so tritt zwar die feine zellige Textur der Querwände hervor, die Fläche zeigt sich mit meist sechsseitigen, netzförmigen Grübchen bedeckt; von der Anwesenheit der Aetzfiguren des Kalkspaths aber habe ich mich nicht überzeugen können. Auch habe ich mich vergeblich bemüht, durch Zerdrücken oder Zerreiben von solchen Kalkstäbchenschichten Bruchstückchen zu erhalten, welche die charakteristische Spaltbarkeit des Kalkspaths unter dem Mikroskop erkennen liessen; die Spaltkörperchen waren fast ausnahmslos senkrecht zu ihrer Längsrichtung, wahrscheinlich nach der Lage der Quermembranen gebrochen.

Um eine Verwechselung mit anderen, ähnlichen Schalen-schichten zu vermeiden, und um zugleich der sehr eigenthümlichen Structur dieser äusseren Lage vieler Muschelschalen

gerecht zu werden, scheint es mir passend, für dieselbe die von NATHUSIUS gewählte Bezeichnung „Wabenschicht“ in Anwendung zu bringen.

Von ganz anderer Structur ist die Perlmutterschicht, an welcher nach G. ROSE'S Angabe die Aetzfiguren des Aragonits zum Vorschein kommen. Auch die Perlmutterschicht besteht aus einer grossen Anzahl äusserst feiner Häutchen, welche nicht wie die Wandungen der Wabenschicht senkrecht zur Schalenoberfläche verlaufen, sondern mit derselben eine mehr oder weniger parallele Lage besitzen. Im Querschnitte geben sie das Bild übereinander liegender, durch schmale Zwischenräume getrennter, feinwelliger und gefalteter Blätter, von welchen einzelne, nach der einen Seite sich auskeilend, auslaufen und endigen, andere nach der entgegengesetzten Richtung sich verschwächen und verschwinden. Die Zwischenräume zwischen diesen Blättermembranen sind von Kalk ausgefüllt. Diese parallelen, dünnen Membranen sind wieder unter sich durch Häutchen verbunden, wie sich ergibt, wenn man die Querdünnschliffe an den Enden ätzt, bis aller Kalk aufgelöst ist; es bilden dann die Enden der Hauptmembranen keine freistehende Fasern, wie es bei getrennten Blättchen der Fall wäre, sondern consistentere, mehr oder weniger parallele Streifchen, welche quer durch feinpunktirte Häutchen mit den benachbarten Streifchen zusammenhängen. Ausserdem sind noch dunklere, senkrecht zur Blätterlage quer ziehende Streifen bemerkbar.

Im Parallelschnitt (d. h. parallel zur Schalenoberfläche oder nach den Flächen, in welche die Perlmutterschichten sich leicht aufblättern und spalten) erscheint die Perlmutterschicht fein gestreift oder gefaltet. Diese Streifchen laufen ungefähr parallel, biegen sich aber hin und her, so dass das Gesamtbild einem Netzwerk mit sehr stark in die Länge gezogenen Maschen ähnlich wird. Durch schwaches Anätzen tritt diese Streifung deutlicher hervor, meist kommt damit zugleich eine feinzellige Structur zum Vorschein, welche eine gewisse Aehnlichkeit mit Aetzfiguren des Aragonits besitzt. Beträchtliche Vergrösserungen lassen aber erkennen, dass diese zelligen Umrisse von der Structur der thierischen Membran herrührt, da sie durchaus nicht die Regelmässigkeit von Aetzfiguren wahrnehmen lassen und bereits auch schon vor dem Anätzen angedeutet sind. So weit mein Sehvermögen reicht, konnte ich mich auch an der Perlmutterschicht von dem Auftreten der Aetzfiguren des Aragonits nicht überzeugen.

Die Perlmutterschicht ist sehr reichlich mit den bezeichneten thierischen Membranen durchsetzt, so dass nach der Entfernung des Kalkes durch verdünnte Säuren die zurück-

bleibenden Häutchen meist noch die Form der verwendeten Schalenstücke behalten. Diese Häutchen besitzen in den allermeisten Fällen den schönen, oft irisirenden Glanz der Perlmutter, und es lag die Vermuthung nahe, dass überhaupt der Perlmutterglanz von diesen zwischen dem Kalke in dünnen Häutchen ausgebreiteten, thierischen Membranen herrühre. Wäre diese Annahme richtig, so dürfte an mit Perlmutter versehenen Versteinerungen, bei welchem man doch die Zerstörung der thierischen Substanz durch die Länge der Zeit voraussetzen darf, der Perlmutterglanz sich nicht erhalten haben. Dem ist nun aber bekanntlich nicht so. Es genügt, an den prachtvollen irisirenden Perlmutterglanz der Ammoniten-Schalen des Muschelmarmors von Bleiberg oder vom Lavatscher Joche zu erinnern. Ich habe eine Anzahl solcher Perlmutterschichten an versteinerten Mollusken-Schalen näher untersucht, und zwar die erwähnten von Bleiberg, die sogenannten Goldschnecken aus dem Ornatenthon von Langheim in Franken, von *Ammonites oxygonius* aus dem Neocom von Osterwald, von *A. lautus* aus dem Gault von Folkestone, von *A. mammillatus* aus Albien von Machéroménil; *A. fulgens* aus dem Moskauer Jura, von *Nucula margaritacea*, *Pinna margaritacea*, *Mytilus aquitanicus*, *Trochus crenularis*, *T. monilis* u. s. w. aus Tertiärschichten. Sie alle lassen im Quer- und Parallelschnitt eine sehr ähnliche Structur erkennen, wie jene bei lebenden Mollusken. Wenn man jedoch Schalenstückchen mit schwacher Säure behandelt, so bleiben nicht die geschilderten, zusammenhängenden und perlmutterartig glänzenden Häutchen, sondern zerrissene, trübe Flocken und körnige Theile übrig, welche wohl, wenigstens grossen Theils, für an die Stelle der thierischen Substanz getretene infiltrirte Mineral-Ansiedelungen anzusehen sind, namentlich bei den Versteinerungen aus älteren Schichten. Bei den prächtig glänzenden und irisirenden Schalen der Ammoniten des Ornatenthons ist es nachweislich Brauneisensubstanz, welche in die Schale eingedrungen ist und durch dessen dünne Häutchen der Irisglanz erzeugt wird, bei anderen Schalen tritt wahrscheinlich secundär abgesetzter Kalk dafür ein. Es wird dadurch wahrscheinlich, dass der Perlmutterglanz in erster Linie von der äusserst dünnen Lammellarstructur bedingt wird, der für die Perlmutterschicht ausschliesslich charakteristisch ist, und dass der Perlmutterglanz der thierischen Membranen nur den Glanz verstärken hilft, nicht ihn primo loco verursacht.

Zerdrückt man dünne Blättchen der Perlmutterschicht, so gelingt es in der Regel, dieselben in kleine Fragmente von rundlich-eckigen Umrissen und ausgezackten Rändern zu zertheilen. Dieses Zerfallen in eckige dünne Schüppchen ist in

bohem Grade für die Perlmutter-schicht charakteristisch und findet sich bei keiner anderen Schalenschicht wieder. Etwas eigenthümlich sind diese Schüppchen in der Perlmutter-schicht der Ostreiden beschaffen, indem sie bei diesen Muscheln eine längliche, fast lanzettliche Formen besitzen und mit gewissen Faserformen verwechselt werden können, die wir später kennen lernen werden.

Den weitaus beträchtlichen Antheil an der Zusammensetzung der Molluskenschalen nimmt eine dritte Modification von ganz eigenthümlicher Structur, die man bisher nicht scharf genug von den zwei bisher genannten getrennt gehalten hat. Bei den Muscheln bezeichnet man sie gewöhnlich als innere, porzellanähnlich beschaffene, bei den Gastropoden geradezu als Porzellan-Schale. G. ROSE spricht von aus Prismen bestehenden Blätterschichten und NATHUSIUS bezeichnet sie als Faserlage der Schale. Da diese Schicht nicht structurlos wie Porzellan ist, und eine ganz andere Structur, wie die äussere Wabenschicht besitzt, so dürfte es sich empfehlen, um Verwechslungen zu vermeiden, sie mit der Benennung Elfenbeinschicht zu belegen. Sie zeichnet sich vor den zwei zuerst beschriebenen Schalenschichten schon äusserlich durch ihre dichte Beschaffenheit, matten, Elfenbein-ähnlichen Schimmer und insbesondere durch die Spärlichkeit der mit dem Kalk vergesellschafteten thierischen Substanz aus, so dass bei dem Auflösen in verdünnten Säuren oft kaum mit unbewaffnetem Auge wahrnehmbare Flocken und Häutchen zurückbleiben. Die feinere mikroskopische Structur ist von G. ROSE an der Schale von *Strombus gigas* nachgewiesen und durch v. NATHUSIUS vortrefflich bildlich dargestellt worden (vergl. t. IV., f. 21, 22, 23). Ich darf mich darauf beschränken, hier auf den charakteristischen Unterschied hinzuweisen, dass diese Elfenbeinschicht nicht, wie bei der Wabenschicht, aus derben, zellenartigen, senkrecht stehenden, grösseren Röhrchen, oder wie die Perlmutter-schicht aus dünnen, schuppigen Blättchen, sondern aus sehr feinen, Pallisaden-ähnlichen, dicht gedrängt stehenden Nadelchen- oder Säulchenartigen Fäserchen zusammengesetzt ist, in welche die sich senkrecht abspaltenden Schalenstückchen zerfallen, wenn man sie zerdrückt. Diese Nadelchen sind keine Krystall-artigen Prismen, sondern sie laufen mehr oder weniger spindelförmig aus und sind nur da, wo sie an einer neuen Schichtenlage absetzen oder an ein anderes System von Nadelchen angrenzen, senkrecht oder schief zu ihrer Längsrichtung abgeschnitten. Ihre Form ist meiner Auffassung nach bedingt durch die ursprüngliche zellige oder zellenähnliche Ausbildung der thierischen Membranen, in deren Räume der Kalk sich ablagerte.

Im Uebrigen darf ich auf die bekannte Beschreibung der Gastropoden-Schale verweisen, wobei ich nur bemerke, dass, abgesehen von der äussersten und innersten Oberflächenlage, in der Schale selbst nicht 3 durch die Richtung der Fasern bestimmt unterscheidbare derartige Schichten sich bei den Gastropoden bemerkbar machen, sondern dass unter verschiedenen Richtungen geneigt-faserige oder senkrecht stehende Schichtensysteme vielfach mit einander wechseln. Die als kreidige Schicht bei *Ostrea* bezeichneten Zwischenlagen gehören gleichfalls zur Elfenbeinschicht, welche hier die Eigenthümlichkeit besitzt, dass die Fäserchen senkrecht zur Schalenoberfläche stehen und in Folge von Zersetzungen stark angegriffen und halb verwittert ist.

Die mikroskopische Untersuchung der Quer- und Parallelschnitte dieser Schalen stimmt in dem allgemeinen Resultate überein, dass die Structur dieser Schichten auf einer äusserst feinen, faserig streifigen Zusammensetzung beruht, bei welcher man in Querschnitten die Feder-ähnlichen, durch sehr zahlreiche, der Schalenoberfläche ungefähr parallel verlaufende, sehr dünne, hellere Zwischenstreifen durchschnitene Streifung nur an dunkleren Linien wahrnimmt; an Parallelschnitten dagegen sieht man nur eine fast gleichförmige, feine Körnelung, welche in einzelnen Fällen sich mit einer kleinzelligen Zeichnung verbindet und die Anwesenheit von feinsten Membranen anzudeuten scheint. Ist der Schnitt nicht genau senkrecht zu der Lage, so kommt stellenweise auch hier die federnähnliche Zeichnung der Fäserchen zum Vorschein. Aetzversuche lieferten in Bezug auf das Hervortreten von dem Aragonit zuzuweisenden Eintiefungen mir auch hier keine günstigeren Resultate, als bei den zuerst behandelten Schalenschichten.

Da die im Vorhergehenden geschilderten Versuche bezüglich der Betheiligung von Kalkspath und Aragonit am Aufbau der Mollusken-Schalen mir keine zuverlässigen Aufschlüsse ergaben, hielt ich es für angezeigt, auf die Untersuchung des optischen Verhaltens der Mollusken-Schalen umsomehr überzugehen, als bereits durch BREWSTER u. A. erkannt worden war, dass gewisse Mollusken-Schalen optisch doppelt-axig sich verhalten. Aber auch auf diesem Felde stiess ich sofort auf neue Schwierigkeiten. Ich fand nämlich bald, dass die auf das sorgfältigste entkalkten thierischen Membranen schon an sich ohne die Kalkzwischenlagen optisch zwei-axig sich verhalten und zwar nicht nur jene dünnen, Perlmutter-artig schimmernden der Perlmutter-schichten, sondern auch die derben der Wabenschichten, ferner die meist lederartigen, braunen Epidermalhäute, die Substanz des Ligaments wie endlich auch die rein hornartigen Deckel vieler Gastro-

poden, Besonders eignet sich zu diesen Versuchen der Deckel von *Paludina vivipara*, den ich an jungen, eben aus dem Mutterthier hervorgekommenen Thieren von fast glasartig heller Durchsichtigkeit untersuchte. Ebenso geeignet sind die Perlmutterartig schimmernden, entkalkten Häutchen von *Nautilus*, dann die dünnen, durchsichtigen Oberflächen-Membranen von *Strombus gigas*, die aber auch in Mitten der Muschelschalen eingebettet vorkommen. Diese merkwürdige optische Eigenschaft der Membranen in den Mollusken-Schalen ist, soweit ich die Literatur kenne, noch nicht nachgewiesen worden, obwohl längst bekannt ist, dass thierische und pflanzliche Gewebe vielfach diese optische Eigenthümlichkeit wahrnehmen lassen. In den Mollusken-Schalen gewinnt diese optische Eigenschaft aber noch erhöhtes Interesse durch die Verbindung der optisch zwei-axigen Membranen mit Kalkcarbonat, wodurch sich ein sehr complicirtes Verhalten ergibt. Dies zeigt sich auch sofort bei ausgedehnteren Untersuchungen und namentlich bei den Versuchen, den Axenwinkel zu bestimmen, um so zu sehen, ob derselbe mit dem des Aragonit übereinstimmt. Man begegnet dabei so vielen Unregelmässigkeiten und Störungen, schon bei Beobachtungen an entkalkten Membranen, dass wenig Aussicht vorhanden ist, an noch kalkigen Schalen zu constanten Werthen zu gelangen. Der freundlichen Beihilfe und Unterstützung von Herrn Prof. GROTH, welcher sich der Mühe einer schärferen Bestimmung der Axenwinkel gütigst unterzog, verdanke ich hierüber einige Anhaltspunkte. Derselbe theilte mir als Resultat seiner Beobachtungen mit, „dass die ihm übergebenen entkalkten Membranen verschiedener Mollusken-Schalen sehr verschiedene Stärke der Doppelbrechung und zwar an verschiedenen Stellen verschiedene Axenwinkel zu erkennen geben, und dass letztere stellenweis so gross sind, dass die Axen gar nicht mehr in das ungefähr 90° umfassende Gesichtsfeld kommen (der scheinbare Axenwinkel also grösser als 90°). Am besten bestimmbar erwies sich der Axenwinkel an den Deckeln von *Paludina vivipara* zu 12° , während der Axenwinkel bei Aragonit ungefähr 36° beträgt. Die Axenebene steht tangential zu den concentrischen Anwachsstreifen dieser Deckel“.

Diese Unregelmässigkeiten und Störungen finden wohl ihre Erklärung in dem Umstande, dass die thierische Membran vielfach zusammengefaltet, ungleich dicht, ungleiche Spannungen besitzt und dass in der Schale thierische Häutchen und mineralische Zwischenlagerung in dünnsten Schichten vielfach mit einander wechseln. Es ist sehr bemerkenswerth, dass auch an den Perlmutter-schichten versteinerner Schalen die gleichen optischen Erscheinungen sich beobachten lassen. Weniger

deutlich konnte ich dies an den irisirenden Schalen des Muschel-
marmors und der Ammoniten-Schalen überhaupt erkennen, da-
gegen lässt sich in der Perlmutterlage von *Nucula margaritacea*
und *Mytilus aquitanicus* die optische Doppeltaxigkeit so bestimmt
beobachten, wie bei recenten Arten. Diese Schalenschichten
hinterlassen bei Entkalkung durch verdünnte Säuren zwar
deutlich häutige Flocken mit der charakteristischen Structur
der Perlmutter-schicht, aber das gleiche optische Verhalten wie
bei recenten Schalen vermochte ich an denselben nicht zu
ermitteln. Dagegen tritt die Erscheinung wieder deutlich an
Schnitten von *Inoceramus*-Schalen hervor, selbst wenn der
Schnitt senkrecht zur Längsrichtung der Waben gelegt wird,
genau wie bei den gleichen Querdurchschnitten der Waben-
schicht recenter Pinnen oder Aviculen. Wäre der Kalk der
letzteren in Form des Kalkspaths ausgebildet, so dürfte man
nach Analogie der Crinoidensäulen doch wohl annehmen, dass,
wie dies auch aus den von G. Rose an seinen Aetzfiguren
gezeichneten Rhomboëderchen zu entnehmen wäre, die Längs-
richtung der Waben oder Röhrrchen der optischen Axe ent-
sprechen würde. Bringt man indess die Querschnitte solcher
Wabenschichten unter den Polarisationsapparat, so bleiben bei
recenten Schalen fast sämtliche Waben auch bei gekreuztem
Nicol hell, nur einzelne verdunkeln sich schwach, und sehr ver-
einzelte werden ganz dunkel. Bei der grossen Menge von
querdurchschnittenen Waben, welche man in einem Durch-
schnitte beobachten kann, lässt sich dies doch wohl nicht davon
ableiten, dass der Schnitt nicht vollkommen senkrecht zu der
optischen Axe geführt ist. Bei *Inoceramus*-Schalen dagegen
tritt die Verdunkelung bei gekreuzten Nicols häufiger ein.
Aber hier hat sicher der Versteinerungsprocess bereits sein
einflussreiches Spiel getrieben, so dass man zwischen pri-
märer und secundärer Ausbildung des Kalkes in diesem Falle
nicht mehr sicher unterscheiden kann.

Ich komme schliesslich zu der zuerst aufgeworfenen Frage
zurück, welche sich auf die so augenscheinliche Verschiedenheit
in der Erhaltungsfähigkeit verschiedener Mollusken-Schalen in
Form von Versteinerungen bezieht, und welche man ziemlich
allgemein auf die Ausbildungsweise des Kalkes in den Schalen
entweder als Kalkspath — erhaltungsfähig — oder als Ara-
gonit — leicht zerstörbar — zurückzuführen versucht hat.

Bei der wenigstens für mich noch fortbestehenden Un-
sicherheit über die heteromorphen Zustände des in den Mol-
lusken-Schalen vorkommenden Kalkcarbonats beschränkte ich den
Weg directer Versuche in Bezug auf die Löslichkeit der ver-
schiedenen hier in Betracht kommenden Substanzen in Kohlen-
säure-haltigem Wasser unter gewöhnlichem Atmosphärendruck.

Zu diesem Zwecke liess ich Stücke von sehr verschiedenen Mollusken-Schalen in möglichst rein isolirten, recenten Schalenarten, nämlich Elfenbein-, Perlmutter- und Wabenschichten zugleich mit Varietäten von Kalkspath und Aragonit in mit CO_2 gesättigtem Wasser, durch welches ununterbrochen ein Strom von CO_2 hindurchgeleitet wurde, während zwei Monate der Einwirkung dieses Wassers ausgesetzt, wobei beträchtliche Mengen der Substanzen in Lösung gingen und zwar in Procenten berechnet in folgenden Verhältnissen:

| | Abnahme: Gewichts-Procente. |
|--|--------------------------------|
| 1. Bei Elfenbeinschichten von Muscheln . . | 1,75 — 2,75 |
| 2. Bei Elfenbeinschichten von Gastropoden | 1,13 — 3,67 |
| 3. Bei Perlmutterschichten | 0,41 — 1,71 |
| 4. Bei Wabenschichten | 0,69 — 1,90 |
| 5. Bei reinem Kalkspath | 0,033 |
| 6. Bei krystallinisch-körnigem Kalk . . | 0,271 |
| 7. Bei grobkrySTALLISIRTEM Faserkalk . . | 0,105 |
| 8. Bei erdig-kreidigem Kalk | 0,370 |
| 9. Bei Aragonit in Form der Eisenblüthe . | 0,354 |
| 10. Bei Aragonit in grobfaseriger Form . . | 0,111 |

Daraus ergibt sich, dass die Löslichkeit des Kalkcarbonats in erster Linie auf dem Aggregatzustand des Materials beruht und dass damit das Verhältniss, ob der Kalk als Kalkspath oder Aragonit ausgebildet ist, von nicht Ausschlaggebender Bedeutung ist. Dies trifft auch in Bezug auf den Zustand ein, in welchem der Kalk in den Muschelschalen vorkommt. Der ausserordentlich feinfaserige Kalk der Elfenbeinschicht ist leichter dem Verfall unterworfen als jener schuppige der Perlmutterschicht, und dieser wiederum leichter als der fast stengelige der Wabenschicht. Dazu kommt aber ein noch weiteres, höchst wichtiges Moment, nämlich die Menge, die Dichtigkeit und die mechanisch-enge Verbindung, welche zwischen oder mit dem Kalk in den Molluskenschalen und den thierischen Membranen besteht.

Die Elfenbeinschicht ist nur von äusserst feinen Häutchen durchsetzt, welche bei dem Auflösen in Säure dem unbewaffneten Auge kaum erkennbar sind. Dieses Verhältniss im Zusammenhange mit der feinfaserigen Beschaffenheit des hier abgelagerten Kalkes bewirkt, dass diese Schichten der Molluskenschale oder ganze Schalen, die hauptsächlich aus solchen Elfenbeinschichten bestehen, am leichtesten zerstört werden und am seltensten bei Versteinerungen in älteren Gesteinsschichten sich erhalten haben.

Die Perlmutterschicht dagegen schliesst in ihren zahl-

reichen consistentere Häutchen den dazwischen lagernden Kalk dichter ein und trägt wesentlich zur Abschwächung der auflösenden und zerstörenden Wirkung der in dem Gesteine bei dem Versteinerungsprocess wirkenden Agentien bei. Es ist daher die Perlmutterschicht an Versteinerungen ziemlich häufig und wohl erhalten.

Von den derbsten, den Epidermalhäuten an Consistenz nahe kommend gleichen Membranen wird die Wabenschicht gebildet, in deren relativ weitmaschigen Netzen überdies das Kalkcarbonat, in ziemlich grossen Stäbchen ausgebildet, sich abgelagert hat. Es ist daher die Wabenschicht auch die widerstandsfähigste und diejenige, welche sich in Form der Versteinerungen am besten erhalten hat. Wir finden deshalb Mollusken-Schalen, bei welchen die Wabenschicht besonders kräftig ausgebildet ist, am häufigsten und im besten Erhaltungszustande, wie jene der meisten Monomyarier, in zahlreichen fossilen Arten.

Möchten diese wenigen, ganz aphoristischen Bemerkungen aus einem geradezu enormen Beobachtungsfelde dazu beitragen, die Aufmerksamkeit auf ein fast noch ganz freies, aber gewiss sehr ergiebiges Arbeitsgebiet hinzulenken und neue Kräfte für eingehendere Untersuchungen zu gewinnen.
