

(Aus dem zweiten zoologischen Institut der Universität Wien.)

BOHRMUSCHELSTUDIEN. I.

Von

WILHELM KÜHNELT.

Mit 7 Abbildungen im Text und Tafel IV bis XI.

Einleitung:

Unter denjenigen Organismen, die sich bei der Eroberung neuer Lebensräume extremen Umweltsverhältnissen angepaßt und dabei eigentümliche Lebensgewohnheiten angenommen haben, bilden die Bohrmuscheln eine der interessantesten Gruppen. Es werden unter dieser Bezeichnung jene Muscheln zusammengefaßt, die imstande sind, in verfestigtes anorganisches oder organisches Material einzudringen oder vorhandene Höhlungen zu erweitern. Die Bohrmuscheln führen also eine endolithische oder endoxyliche Lebensweise und sind mit wenigen Ausnahmen Meeresbewohner¹⁾. Die Mehrzahl der Arten bewohnt die Litoralzone der warmen Meere, wobei Tiefen bis zu 50 m bevorzugt werden. Nur wenige Arten wurden bisher in größeren Tiefen gefunden²⁾. Den Aufenthalt der Gesteinsbohrer bilden die Felsen der Steilküste, Korallenriffe, dickschalige Mollusken und eingeschwemmte größere Blöcke. Die Holz-

¹⁾ Nach R. HESSE (Tiergeographie auf ökologischer Grundlage 1923) geht *Pholas* an der Küste von Trinidad bis 18 km in die Flüsse aufwärts, wo die Wirkungen der Gezeiten gerade noch merkbar sind. *Martesia rivicola* kommt nach CLESSIN (Konchylienkabinet 11, 4), im Pantairiver auf Borneo 12 Meilen von der Mündung entfernt in Treibholz vor. An dieser Stelle führt der Fluß schon reines Süßwasser. Derselbe Beobachter berichtet über das Vorkommen dieser Art im Gangesdelta. *Martesia delicatula* PRESTON. wurde im Mündungsgebiet des Deviriver in Indien gefunden. Nach McINTOSH (Zoologist, London, Ser. 4, p. 12, 1908) kommt in den Wurzeln westafrikanischer Mangroven eine Tereidoart an Stellen vor, die nur bei Flut unter Wasser kommen.

²⁾ So wurden nach HAAS (in GRIMPE-WAGLER: Tierwelt der Nord- und Ostsee) *Saxicava arctica* zwischen 0 und 3000 m, *Xylophaga dorsalis* von 0 bis 2500 m gefunden.

bohrer halten sich meist an Treibholz, Hafenfähle und hölzerne Schiffe. Auch weichere Materialien, wie Kreide, Seetorf und wenig verfestigte Sande werden von manchen Formen, besonders Pholadiden, bewohnt. Es wurden sogar hochspezialisierte Bohrmuscheln, wie *Pholas candida*, *Zirphaea crispata* und *Saxicava rugosa*, im Kattegatt auf reinem Sandboden angetroffen³⁾ Überhaupt scheint die Bindung an die bohrende Lebensweise bei einigen Formen nicht sehr fest zu sein, worauf noch in anderem Zusammenhang eingegangen werden soll. Hieraus ergibt sich eine wichtige Beziehung zu dem innerhalb der Muscheln weit verbreiteten, in losem Material, Sand und Schlamm grabenden Typus. Eine Abgrenzung in dieser Richtung läßt sich nur dadurch erzielen, daß man alle jene Formen, die auch in verfestigtem Material vorkommen, zu den Bohrmuscheln rechnet. Außerdem ergeben sich Beziehungen zu jenen Formen, die sich mit Byssus an Felsen anheften und in Spalten oder verlassene Bohrlöcher eindringen. Die Trennung dieser Gruppe von den eigentlichen Bohrmuscheln stößt deswegen auf Schwierigkeiten, weil hiezu der Nachweis erbracht werden muß, daß die betreffende Form nicht imstande ist, die von ihr bewohnte Höhlung zu erweitern. Da aber manche dieser Einmieter interessante Aufschlüsse zur Beurteilung der Bohrmuscheln liefern, sollen auch sie im folgenden berücksichtigt werden.

Versucht man die Bohrmuscheln nach systematischen Gesichtspunkten zu gruppieren, so ergeben sich oft weitgehende Konvergenzen zwischen Angehörigen verschiedener Familien. Es erscheint daher eine Einteilung, die biologische Eigentümlichkeiten in den Vordergrund stellt, für die vorliegende Untersuchung gerechtfertigt. Nach der Art der Bearbeitung des Substrates lassen sich zwei Gruppen unterscheiden; eine mit mechanischer, die andere mit chemischer Arbeitsweise. Als Beispiel der mechanisch arbeitenden Gruppe sei *Teredo*, als Beispiel der mit chemischen Mitteln bohrenden *Lithodomus* genannt. Doch scheinen in einzelnen Fällen beide Arbeitsweisen nebeneinander vorzukommen.

Die erste Anregung zur vorliegenden Untersuchung verdanke ich Herrn Professor O. ABEL, der mich jederzeit mit Rat und Tat unterstützte. Einen Teil der Abbildungen ließ er im paläontologischen und paläobiologischen Institut herstellen und gestattete mir die Benützung der Institutssammlungen. Es sei mir auch an dieser Stelle

³⁾ Nach HAAS (Tierwelt der Nord- und Ostsee).

gestattet, ihm für die Unterstützung meinen geziemenden Dank auszusprechen.

Eine Subvention der Österreichisch-Deutschen Wissenschaftshilfe ermöglichte die Beobachtung und Untersuchung der Bohrmuscheln der dalmatinischen Steilküste.

Herrn Professor J. VERSLUYS bin ich für Unterstützung mit Literatur zu großem Dank verpflichtet.

Herr Hofrat Dr. H. REBEL und Herr Dr. W. ADENSAMER gestatteten in bereitwilligster Weise die Benützung der reichhaltigen Bibliothek und Sammlung des Naturhistorischen Staatsmuseums.

Chemisch arbeitende Bohrmuscheln (Ätzmuscheln).

Typus: *Lithodomus*.

Die Arbeitsweise dieser Bohrmuscheln bildete schon oft den Gegenstand von Untersuchungen und gab Anlaß zur Aufstellung einer Anzahl von Theorien, die anschließend einer kritischen Revision unterzogen werden sollen. Dabei werden hauptsächlich die von mir an *Lithodomus lithophagus* und *Gastrochaena dubia* gemachten Beobachtungen verwertet werden.

Eine der ältesten Auffassungen der Bohrtätigkeit dürfte die von ADANSON (1757) aufgestellte und von GARNER (1835) wieder aufgegriffene Theorie darstellen. Danach soll der durch Wimperbewegung vom Tier erzeugte Wasserstrom auf mechanischem Wege die Höhlung im Gestein hervorbringen. Hierbei wird vorausgesetzt, daß der Wasserstrom mit irgendeiner Stelle des Bohrloches in Berührung kommt. Durch einen Versuch kann man sich leicht vom Gegenteil überzeugen. Nimmt man ein Exemplar von *Lithodomus*, ohne es zu beschädigen, aus seinem Bohrloch heraus und überträgt es in eine mit Seewasser gefüllte Eprouvette, so öffnet das Tier sehr bald seine Schalen, aber nur so weit, daß die beiden vorstreckbaren Ränder des Mantels ihrer ganzen Länge nach miteinander in Berührung bleiben. Setzt man hierauf etwas Karminpulver oder Tusche zu, so läßt sich der Verlauf des Wasserstroms deutlich erkennen. Er tritt durch die ventrale Öffnung der Siphonen ein und verläßt das Tier durch die dorsale Spalte, wobei kein gefärbtes Wasser zwischen den Mantelrändern hindurch in den Raum zwischen Tier und Innenwand der Röhre kommt. Auch wenn der wurmförmige Fuß ausgestreckt ist, bilden die Mantelränder einen dichten Abschluß. Bei plötzlicher Störung kommt es vor, daß das

Tier durch schnelles Schließen der Schalen das im Mantelraume vorhandene Wasser ausstößt und durch den Rückstoß gegen den Boden des Bohrloches geschleudert wird. Das durch den Aufschlag hervorgerufene Geräusch ist meist deutlich hörbar. Dieser Reaktion dürfte aber keine Bedeutung bei der Herstellung der Bohrlöcher zukommen, während der Strom des Atemwassers überhaupt nicht mit der Wand des Bohrloches in Berührung kommt. Auch ist seine Intensität, selbst mit schwachen Wellen des umgebenden Wassers verglichen, recht gering.

Gegen die von vielen Autoren, wenn auch nicht ausdrücklich für *Lithodomus* gemachte Annahme, daß die Bohrlöcher durch mechanische Arbeit der Schale hergestellt werden, spricht die außerordentliche Hinfälligkeit des Periostrakums. Selbst bei alten lebenden Tieren ist es mit Ausnahme der Wirbel, die oft korrodiert und schwarz verfärbt sind, vollkommen intakt, während es in kurzer Zeit zerstört wird, sobald man versucht, mit der Schale an der Wand des Bohrloches, das mit Vorliebe in harten Kalksteinen angelegt wird, zu reiben. Außerdem ist die Schale auch in frischem Zustande sehr spröde und bricht bei längeren Versuchen regelmäßig. Nur bei der Bearbeitung ganz weicher Materialien, wie Kreide und Sepiaschulpen, leistet das Periostrakum länger Widerstand. Ebenso fehlt der Schale jede mechanisch wirksame Skulptur, da die zwischen den Rinnen des vorderen Schalenteiles verlaufenden Kiele vollständig stumpf sind. Das Periostrakum lebender Tiere zeigt auch an den genannten Stellen keine Spuren von Abnutzung.

Die von CARAZZI (1892) aufgestellte Theorie, wonach die vom Tier abgeschiedene Atmungskohlensäure zur Lösung des Kalksteines verwendet werden soll, hat bei oberflächlicher Betrachtung viel für sich, da von diesem Standpunkt aus die zum großen Teil aus Kalziumkarbonat bestehenden Schaleninkrustationen und -auskleidungen der Bohrlöcher als durch Zersetzung des Bikarbonats wieder ausgefallter kohlensaurer Kalk gedeutet werden könnten. Demgegenüber ist zu berücksichtigen, daß das mit der Atmungskohlensäure gesättigte Wasser an keiner Stelle mit der Wand des Bohrloches in Berührung kommt, sondern durch den Ausströmungs-siphon ins freie Wasser abgegeben wird. Für die Entstehung des Siphonalendes des Bohrloches nimmt CARAZZI (1892) an, daß durch die von der Wand der Siphonen ausgeschiedene Kohlensäure der Kalk gelöst wird.

Die Verwendung eines sauren Sekrets zur Auflösung des Substrats wurde zuerst von LA FAILLE (1763) und DESHAYES (1850) angenommen. LIST (1902) und CARAZZI (1902) haben auch Drüsen beschrieben, die das Sekret zur Auflösung des Kalkes liefern sollen und als Bohrdrüsen bezeichnet wurden. Bei *Lithodomus lithophagus* kommen zwei in der Medianlinie des Körpers liegende Drüsen vor, die dorsal von den Schließmuskeln an beiden Enden des Schalenpaltes lokalisiert sind (vgl. Fig. 4). Die Drüse kommt nach LIST durch schlauchförmige Einstülpung eines Teiles des Epithels der Mittelfalte des Mantels zustande. Die Einstülpung verzweigt sich sekundär, und dadurch, daß mehrere derartige Gebilde hintereinander liegen, wird ein großer Drüsenkomplex gebildet. „Die Mantel- oder Bohrdrüse stellt einfach eine durch reiche Faltenbildung vergrößerte Fläche des drüsigen Mittelfaltenepithels dar.“ (Fig. 1.) Das einschichtige Drüsenepithel besteht aus Zellen mit granuliertem eosinophilen Inhalt, die ihr Sekret ohne Vermittlung eines Ausführungsganges direkt nach außen abgeben. Die Mündungen, die CARAZZI (1902) beschreibt und zeichnet, entsprechen nur den Einstülpungsstellen der primären Drüsenschläuche.

Nach LIST wird das Sekret in Granulaform abgeschieden „und reagiert sauer, wie man sich mit allen in der Chemie üblichen Reaktionen auf Säure leicht überzeugen kann“. Ebenso gibt CARAZZI an, daß die Drüsen blaues Lakmuspapier rot färben. Demgegenüber konnte ich bei zahlreichen Exemplaren verschiedener Größe feststellen, daß in der Azidität kein Unterschied zwischen den Bohrdrüsen und den übrigen Geweben besteht. Die Bestimmung der Wasserstoffionenkonzentration erfolgte auf kolorimetrischem Wege. Es kamen dabei parallel der B.-D.-H.-Universalindikator, der MERCK'sche Universalindikator und die amerikanische Indikatorenreihe zur Verwendung. Mit destilliertem Wasser (pH 7) verriebene frische Bohrdrüsen ergaben übereinstimmend pH 6,5—7, also nahezu neutral; wurden andere Gewebe, wie Mantelrand, Kiemen oder der Fuß, geprüft, so wurde dasselbe Resultat erhalten wie bei den Drüsen (pH 6,5—7)⁴). LIST gibt noch an, daß die Bohrdrüsen bei

⁴) Daß nicht die bei der kolorimetrischen Methode unvermeidlichen Fehler die Resultate entstellten, zeigte sich bei der Prüfung der Speicheldrüsen und des Schleimes von *Cerithium vulgatum*, die pH 4 aufwiesen. Andere Fehlerquellen dürften durch die große Zahl der Versuche (ungefähr 60) ausgeschaltet worden sein.

Vitalfärbung mit Neutralrot denselben rotvioletten Ton annehmen, wie ihn Neutralrot auf Zusatz von Säure zeigt. Bei den von mir erhaltenen Vitalfärbungen mit Neutralrot und Methylenblau zeigte sich, daß Kiemen, Mantelrand und Bohrdrüsen den Farbstoff in ähnlicher Weise speichern. Der von LIST beobachtete fuchsinrote Ton des Neutralrotes war aber nicht auf die Drüsen beschränkt, sondern zeigte sich auch an anderen Stellen. Dieses Verhalten kann aber keinesfalls als Säurereaktion verwendet werden, es könnte höchstens als Bestätigung anderer positiver Befunde herangezogen werden. PELSENER (1911), der *Lithodomus aristatus* und *gracilis* untersuchte, betont, daß sich innerhalb der Mytiliden nur bei *Lithodomus* Manteldrüsen finden. Außerdem beschreibt er eine akzessorische vordere Manteldrüse bei *Lithodomus gracilis*, die er als Mucindrüse auffaßt. Neben den beiden im Mantel gelegenen Drüsen, die CARAZZI deutacide Drüsen nennt, sollen nach seiner Angabe im übrigen Körper zahlreiche Drüsenzellen vorkommen, die er unter dem Namen „protacide Drüse“ zusammenfaßt. Die protacide Drüse erfüllt den Raum zwischen den übrigen Organen, ist mesodermalen Ursprunges und möglicherweise aus veränderten Amöbocyten hervorgegangen. Sie reagiert viel weniger sauer als die deutacide Drüse und bereitet das Sekret, das möglicherweise eine Mineralsäure enthält, vor. Auch bei *Petricola lithophaga* hat CARAZZI die beiden Arten von Bohrdrüsen aufgefunden. Bei *Gastrochaena dubia* fehlt die deutacide Drüse, während die protacide Drüse die Geweblücken erfüllt. Aus der Arbeit CARAZZI's (1902) geht nicht hervor, auf welche Weise die saure Reaktion festgestellt wurde. Es wird nur erwähnt, daß sie basische Farbstoffe speichert. Es sei noch angeführt, daß keine der beiden Drüsenarten bei *Mytilus edulis*, *Mytilus minimus*, *Arca barbata*, *Avicula tarentina*, *Anomia ephippium*, *Ostrea plicatula*, *Ostrea edulis* und *Gryphaea cochlear* von CARAZZI gefunden wurde. In diesem Zusammenhange sei erwähnt, daß CAILLAUD (1856) mit Hilfe von Lakmuspapier saure Reaktion des Weichkörpers folgender Muscheln nachweisen konnte: *Petricola*, *Saxicava*, *Gastrochaena*, *Solen*, *Lutraria*, *Scrobicularia*, *Mactra*, *Mya*, *Psammobia*, *Arca*, *Pecten*, *Ostrea*, *Mytilus*, *Pholas*, also auch bei Muscheln, die keine bohrende Lebensweise führen und bei denen keine „Bohrdrüsen“ bekannt geworden sind. Auf polierten Marmorplatten konnte er durch Auflegen der genannten Muscheln Ätzungen

erhalten⁵⁾. CAILLAUD hält die saure Reaktion des Weichkörpers für eine den Mollusken allgemein zukommende Eigenschaft. Es war mir aber nicht möglich, auf Spaltflächen von Kalkspat und poliertem Marmor mit Hilfe frischer Bohrdrüsen von *Lithodomus* irgendeine Ätzung hervorzurufen. Versucht man den gegenwärtigen Stand unserer Kenntnisse von den Bohrdrüsen, für die der indifferente schon von LIST verwendete Name „Manteldrüsen“ vorzuziehen wäre, zusammenzufassen, so ergibt sich, daß sie bei *Lithodomus* Einstülpungen der Mittelfalte des Mantelrandes darstellen. Saure Reaktion des Sekrets war bisher nicht einwandfrei feststellbar, jedenfalls differiert die Azidität nicht von der der übrigen Gewebe. Ätzungen an Kalkstein konnten mit ihrer Hilfe nicht erzielt werden. Diese Befunde sollten besonders hervorgehoben werden, da die Angaben CARAZZI'S und LIST'S über die Funktion der Manteldrüsen in die modernen Handbücher⁶⁾ Eingang gefunden haben und mitunter den Anschein gesicherter Resultate erwecken. Noch ein weiterer Umstand spricht gegen die Abgabe eines sauren Sekrets in das umgebende Wasser. Die Innenfläche der Bohrlöcher ist normalerweise vollständig glatt, und vorhandene Poren des Substrats sind scharf-randig angeschnitten, während auf Zusatz von Säure zum Seewasser unregelmäßige Korrosionen entstehen. Ebenso werden Einschlüsse im Gestein, wie Fossilien und Kalkspatadern, ohne Niveaudifferenz durchschnitten, während sie durch Zusatz einer Säure infolge ihrer geringeren Löslichkeit aus dem umgebenden Gestein herausgeätzt werden. Hingegen gibt LIST (1902, S. 144) an, daß „Bohrlöcher vorkommen, deren Wandung ganz uneben ist, und zwar an solchen Stellen, an denen Adern von Kalkspatkristallen das Gestein, respektive Bohrloch, durchsetzen“. „Während die Höhlenwand überall schon ganz glatt ist, ragen die Kristalle der Kalkspatadern noch weit in die Höhle hinein.“ Weiterhin ist zu berücksichtigen, daß bei Abgabe eines sauren Sekrets ein Gefälle der Wasserstoffionen-

⁵⁾ Die Versuche CAILLAUDS wurden wiederholt und ergaben, daß sich Lakmuspapier in Berührung mit dem Körper von *Arca barbata* schwach rot färbt, während mit den anderen Indikatoren übereinstimmend pH 6,5 gemessen wurde. Da der Umschlagspunkt des Lakmuspapieres zwischen 6 und 7 liegt, ist die schwache Rotfärbung durch Salz- und Eiweißfehler leicht erklärbar. Ätzungen auf polierten Marmorplatten konnte ich nicht erhalten.

⁶⁾ WINTERSTEIN: Handbuch der vergleichenden Physiologie, und KÜCKENTAL und KRUMBACH: Handbuch der Zoologie.

konzentration zwischen der Flüssigkeit im Bohrloch und dem umgebenden Seewasser auftreten müßte. Es war aber in keinem Fall ein derartiger Unterschied nachweisbar. Es könnte eingewendet werden, daß die jeweils abgegebenen geringen Säuremengen sehr bald bei der Lösung des Kalkes neutralisiert werden. Aber auch wenn die Muscheln in Glasröhren gehalten wurden, die, um die Abgabe von Alkali zu verhindern, mit Paraffin ausgegossen waren, zeigte sich nach mehrtägigem Aufenthalte kein Ansteigen der Azidität. In diesem Zusammenhang ist es interessant, daß die Außenfläche der Schalen von *Lithodomus* häufig kalkige Auflagerungen zeigt, wie Wurmröhren, Bryozoenkolonien und Kalkalgen⁷⁾. Diese Gebilde werden aber bei Zusatz von Säure infolge ihres lockeren Gefüges leichter angegriffen als die Wand des Bohrloches. Aus diesen Verhältnissen ergibt sich also, daß von einer Säureabscheidung an wenigen beschränkten Stellen, wie den Bohrdrüsen, nicht die Rede sein kann, so wie auch alle Versuche, die Existenz einer Säure in den Drüsen nachzuweisen, negativ ausfielen.

THOMSON (1835) und NECKER (1839) versuchten, die Theorie einer Säureabscheidung dahin einzuschränken, daß sie Anätzung des Gesteines durch Säure und darauffolgende Abtragung des erweichten Materials auf mechanischem Weg annahmen. Gegen diese Theorie sprechen die bei der Bohrdrüsentheorie vorgebrachten Argumente und die geringe mechanische Wirksamkeit der Schalen-skulptur.

Von HANCOCK (1848) wurde angenommen, daß die Bearbeitung des Substrats durch im Mantel und Fuß vorhandene Kieselkörper auf mechanische Weise erfolgt. Es wurde nur festgestellt, daß die fraglichen stark lichtbrechenden Körper in Alkalien und Säuren unlöslich sind. Weitere Reaktionen zur Identifizierung der Substanz wurden nicht ausgeführt. Die Kieselkörper wurden von ihm für *Teredo* und *Gastrochaena* beschrieben. Die Verwendung derartiger feilenartig wirkender Flächen würde das Aussehen der Innenwand der Bohrlöcher gut erklären. Die „Kieselkörper“ wurden aber seither von keinem Untersucher wiedergefunden. Trotzdem hält FISCHER (1876) die Auffassung HANCOCK's noch immer für die wahrscheinlichste. Es ist auch nicht gelungen festzustellen, was HANCOCK zu

⁷⁾ Bei zahlreichen *Lithodomus*-Arten trägt das Hinterende der Schale kristallinische Kalkauflagerungen, die nach DESHAYES zur mechanischen Erweiterung des Bohrloches verwendet werden sollen.

seiner Annahme veranlaßt hat. Es wäre denkbar, daß Körner von Quarzsand, die in die Epidermis eingedrückt waren, die Täuschung veranlaßten, da HANCOCK ausdrücklich die unregelmäßige Form seiner Kieselkörper hervorhebt. LAMY, der sich 1921 eingehend mit den einzelnen Theorien beschäftigte, ohne jedoch eigene Untersuchungen anzustellen, kommt dadurch, daß er die schon von CAILLAUD angenommene Trennung in vorwiegend chemisch und vorwiegend mechanisch arbeitende Bohrmuscheln nicht durchführt, sondern nach einer einheitlichen Erklärung der Bohrtätigkeit sucht, zu der folgenden etwas resignierten Auffassung: Es handle sich eben im Sinne von „gutta cavat lapidem“ um einen sehr einfachen, aber langdauernden Prozeß, der darin besteht, daß der Weichkörper des Tieres, also vorwiegend Mantelrand und Fuß, durch ständige Regeneration der abgenützten Teile den Härteunterschied überwinden und durch ständige Bewegungen den Stein oder das sonstige Substrat auf mechanischem Weg angreifen. Demgegenüber wäre anzuführen, daß den Bohrmuscheln, obwohl keine genauen Angaben über ihre Wachstums- und Arbeitsgeschwindigkeit vorliegen, kaum derartige Zeiträume zur Verfügung stehen dürften wie jenen Objekten, die LAMY als Analogiefälle anführt: von den Schwänzen von Känguruhs polierte Steinplatte an einer Wasserstelle und durch ständige Berührungen verstümmelte Heiligenstatuen.

Eine Gegenüberstellung der bisherigen Theorien zeigt also, daß keine von ihnen eine einigermaßen befriedigende, mit den Tatsachen übereinstimmende Erklärung des Bohrvorganges von *Lithodomus* und den anderen nicht mechanisch arbeitenden Bohrmuscheln zu geben vermag.

Beobachtungen an *Lithodomus lithophagus*.

Um weitere Anhaltspunkte für die Beurteilung der Arbeitsweise von *Lithodomus* zu gewinnen, wurden zunächst die Bohrlöcher genau untersucht. Dabei ergab sich, daß zwei verschiedene Ausbildungen der Innenfläche der Bohrlöcher vorkommen, denen Merkmale der Muschelschalen parallel gehen. Bei der einen Gruppe von Bohrlöchern hat die Innenfläche die Farbe des umgebenden Gesteins. Die Skulptur der Innenfläche ist sehr feinkörnig und matt und zeigt nur sehr geringe Unebenheiten. Sie erinnert dadurch in ihrer mikroskopischen Skulptur an eine Bruchfläche des Gesteines. Die Körnelung ist vollständig gleichmäßig ausgebildet und läßt keine

Orientierung nach einer Richtung erkennen. Nur selten dringen vom Siphonalende aus Algen (besonders Rotalgen) in das Bohrloch ein, können aber anscheinend nicht festen Fuß fassen (Fig. 9).

Bei der anderen Gruppe ist die Innenfläche durch reichlichen Algenbewuchs meist braun verfärbt, und es haben sich auch verschiedene andere Organismen, wie Röhrenwürmer und Bryozoen, eingenistet. Daneben findet man auch freilebende Einmieter, wie Polychäten, Zyklopiden und junge Schnecken (*Nassa*, *Corallio-phila*). In extremen Fällen ist die ganze Innenfläche mit einer ungefähr $\frac{1}{4}$ mm dicken kalksinterähnlichen Substanz ausgekleidet, die teilweise die größeren Wurmrohren überzieht, teilweise ihnen als Unterlage dient (Fig. 10). Die Röhrenauskleidung besteht zum größten Teil aus Kalziumkarbonat, in Form von Kalzit, das bei Behandlung mit Säuren eine braune organische Masse hinterläßt, in der Reste von Algenfäden, Bryozoenskeletten und pflanzlicher und tierischer Detritus nachweisbar sind (vgl. Tabelle auf Seite 86).

Wie schon erwähnt, zeigen auch die Muschelschalen zwei analoge Ausbildungsarten. Die aus den Bohrlöchern der ersten Gruppe stammenden Schalen lassen das braune Periostrakum fast in seiner ganzen Ausdehnung erkennen. Höchstens sind die Wirbel (besonders bei alten Stücken) schwach korrodiert und schwarz verfärbt. Diese Korrosion bietet ein recht eigentümliches Bild, das die Annahme nahelegt, daß sie durch Schalenparasiten, vermutlich Chlorophyceen, verursacht sei. Von den Wirbeln aus laufen annähernd parallele Reihen schwarzer Punkte, an denen das Periostrakum durchbrochen ist. Die dunklen Punkte sind innerhalb der Schale miteinander durch Gänge verbunden. An einzelnen Stellen der Schale lassen sich mitunter schwache Kalkauflagerungen feststellen. Bei der zweiten Gruppe zeigt sich ein starker Bewuchs der Schalen, der hauptsächlich aus Röhrenwürmern, Schwämmen und Bryozoen besteht, neben denen auch Kalkalgen vorkommen. Auf diese Weise kann ein großer Teil der Schale vollständig überzogen werden. Die schwarzen Flecke um die korrodierten Wirbel finden sich auch in dieser Gruppe wieder (Fig. 5).

Besonders stark sind die Kalkauflagerungen am Hinterende der Schale, wo anscheinend dadurch, daß beim Ansatz neuer Schalen-substanz die Fremdkörper umgangen werden müssen, Stufen entstehen. Zwischen den beschriebenen Extremen des Bewuchses der Schalen und der Auskleidung der Bohrlöcher finden sich zwar

Übergänge, doch wird man selten im Zweifel sein, welcher Gruppe ein aufgefundenes Stück angehört. Ein Zusammenhang der erwähnten Verschiedenheiten mit der Größe und dadurch indirekt mit dem Alter der Tiere war nicht feststellbar⁸⁾.

Es konnten auch in beiden Gruppen geschlechtsreife Individuen festgestellt werden. Besonders erwähnenswert ist ein Stück, dessen Bohrloch ziemlich stark mit Algen ausgekleidet ist, das aber einen vollständig unbewachsenen breiten Längsstreifen an der Stelle aufweist, wo sich die Muschel mit Byssus befestigt hatte.

Es ist naheliegend, die beschriebenen Erscheinungen mit Arbeits- und Ruheperioden in der Bohrtätigkeit in Zusammenhang zu bringen. Da aber die beiden Ausbildungen sowohl bei alten als auch bei jungen Tieren vorkommen, müssen mehrere derartige Perioden miteinander abwechseln, ähnlich wie auch der Schalenzuwachs periodisch erfolgt, was sich aus den stufigen Anwachsstreifen besonders am Hinterende leicht zeigen läßt⁹⁾. Man kann sich also den Vorgang in der Weise vorstellen, daß, solange die Muschel nicht an der Vergrößerung des Bohrloches arbeitet, zahlreiche Organismen den Schlupfwinkel besiedeln, sobald aber die Bohrtätigkeit einsetzt, entweder vernichtet oder vertrieben werden. In diesem Zusammenhang sei nochmals auf das eben beschriebene Stück hingewiesen, bei dem der Bewuchs des Bohrloches in Form eines Längsstreifens entfernt ist. Es muß sich also das Tier am Anfang einer Arbeitsperiode befunden haben¹⁰⁾. (Fig. 12.) Das Siphonalende der Bohrlöcher ist auch bei jungen Exemplaren entgegen der Angabe

⁸⁾ Die Größe erwachsener Individuen ist in hohem Grade von Standortfaktoren abhängig. So fielen besonders die Stücke aus den Strandgeröllen von Trpanj an der Nordküste von Pelješac durch ihre geringe Größe (meist unter 50 mm) auf, während sich im „Lago grande“ auf Mljet (Meleda), der ein durch einen sehr schmalen (am Ende des Sees nur 2 m breiten) Kanal von gegen 9 km Länge mit dem freien Meer verbundenes Seewasserbecken darstellt, wahre Riesenformen ausbilden. Überhaupt scheinen die Lebensbedingungen dort sehr günstig zu sein, da die außerordentlich artenreiche Fauna in den verschiedensten Gruppen auffallend große Individuen aufweist.

⁹⁾ In diesem Zusammenhange sei erwähnt, daß ein Exemplar von *Vermetus* im Laufe von drei Tagen seine Röhre um ungefähr 2 cm verlängerte, ein viertel Jahr keinen weiteren Zuwachs zeigte und dann in zwei Tagen über 1 cm wuchs.

¹⁰⁾ Dasselbe Individuum wurde auch zu den schon erwähnten Versuchen zum Nachweis einer Säure verwendet; der Erfolg war negativ.

CARAZZI's nicht vollkommen kreisförmig, sondern oval. Bei älteren Tieren nimmt die relative Breite der Spalte in der Mitte ab, während die beiden Enden erweitert werden. Die Öffnung nimmt dadurch eine 8-förmige Gestalt an, die vollständig mit dem Umriß der ausgestreckten Siphonen übereinstimmt (Textfig. 1). Bei sehr alten Stücken kommt es vor, daß die Verwitterung der Gesteinsoberfläche das Siphonalende zerstört, und auf diese Weise entsteht eine unregelmäßige Öffnung¹¹⁾. Die Einschnürung des Siphonalendes ist auf den distalen Teil der Röhre beschränkt, wie an einem Längsschnitt ersichtlich ist. Die Skulptur unterscheidet sich nicht von der übrigen

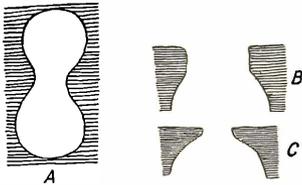


Fig. 1. *Lithodomus lithophagus*: Siphonalende des Bohrloches (schematisch) A = Aufsicht, B = Querschnitt an einer Erweiterung, C = Querschnitt der engsten Stelle.

Teile der Innenwand. Mitunter kommt es vor, daß ein Exemplar von *Lithodomus* das von ihm bewohnte Gesteinsstück vollständig durchbohrt, wodurch auch am Vorderende der Röhre eine Öffnung entsteht, die bei den mir vorliegenden Stücken annähernd kreisförmig ist (Fig. 11). Ähnliche Öffnungen entstehen, wenn eine Muschel das Bohrloch einer anderen annähernd in rechtem Winkel trifft (Fig. 10). Treffen die Bohrlöcher in spitzem Winkel oder annähernd parallel aufeinander, so entsteht in der

Trennungswand ein unregelmäßiges, meist ovales Fenster. Die Ränder derartiger Öffnungen sind in allen beobachteten Fällen vollständig glatt und scharfrandig. In keinem Falle konnte ich beobachten, daß derartige Verbindungen zwischen zwei bewohnten oder einem bewohnten und einem leeren Bohrloch oder der Außenfläche des Gesteinsstückes auf irgendeine Weise wieder verschlossen werden, wie dies bei Pholadiden und Terediniden mit Hilfe einer Kalkabscheidung, des sogenannten Callums, geschieht. Ebenso wenig wird die Arbeit eingestellt, sobald eine Höhlung angeschnitten ist; es kommt sogar zu Beschädigungen der Muschelschale des benachbarten Bohrloches. In mehreren Fällen konnte ich beobachten, daß eine Muschel dabei vollständig durchgeschnitten wurde. In einem Strandfelsen von St. Maria auf Mljet (Meleda) fand ich ein Exemplar von *Lithodomus*, das von einem Tiere derselben Art der Quere nach vollständig durchgeschnitten war. Es ließ sich leider nicht feststellen, ob das Tier zur Zeit, als die Beschädigung erfolgte, noch

¹¹⁾ Derartige Exemplare bildet LIST auf Tafel 3, Fig. 8, ab.

am Leben war. Eine *Lithodomus*-Schale, die ich in einem Bohrloch im Molo von Capodistria sammelte, zeigt, daß der Angriff des anderen Individuums annähernd parallel zur Längsachse erfolgte. Die äußeren Schalenschichten sind entfernt und aus den von innen angebauten Kalklagen, die das Tier zum Verschuß von Schalenverletzungen gewöhnlich verwendet, geht hervor, daß hier ein lebendes Tier von einem Artgenossen angeätzt wurde (Fig. 13). In einem anderen Falle, wo eine *Petricola lithophaga* durchschnitten wurde, ist es dadurch, daß deren Schale mit von organischer Substanz verkittetem Kalkgrus erfüllt ist, erwiesen, daß erst die leere Schale beschädigt wurde. Merkwürdigerweise ist der Kalkgrus nur dort verkittet, wo der Angriff erfolgte, während er im ganzen übrigen Raume der Schale lose ist. Die einzelnen Kalkkörner sind glatt durchschnitten. Es wäre möglich, daß das arbeitende Exemplar das lose Material durch Ausscheidung einer Kittmasse verfestigt hat (Fig. 19). Im Gestein vorhandene Poren und Löcher von *Vioa* werden von *Lithodomus* ebenfalls scharfrandig durchfahren (Fig. 15). Auch in von Bohrschwämmen siebartig durchlöcherten Gesteinsstücken sind die vorhandenen Teile der Wand ganz eben, und es zeigen sich auch an den schärfsten Kanten nicht die geringsten Korrosionen. Kalkspatadern, die das Gestein durchsetzen, werden ohne Niveaudifferenz durchschnitten (Fig. 9). Die Skulptur derartiger aus Kalkspat bestehender Teile der Bohrlochwand besteht in einer feinen Parallelstreifung, deren Richtung aber nicht durch die Lage des Bohrloches bedingt ist, sondern mit der Orientierung der einzelnen Kalkspatindividuen zusammenhängen dürfte. Ein getroffener Kalkspatzwilling zeigt zwei an der Trennungsebene der beiden Individuen in spitzem Winkel zusammenstoßende Systeme paralleler Streifen. Fossilien werden ebenso wie die Kalkspatadern ohne Störung des Niveaus der Innenfläche durchschnitten, wie von *Lithodomus* durchlöchernde Blöcke von Nummulitenkalk zeigen. Diese Stücke lassen sehr deutlich den Unterschied zwischen der Bohrarbeit der Muschel und der normalen mechanischen und chemischen Verwitterung erkennen. Während die Innenwand frischer Bohrlöcher vollständig glatt ist, wittern in alten oder zerbrochenen Bohrlochern durch die Arbeit des Wassers die schwerer löslichen Kalkspatadern und Nummuliten heraus (Fig. 8). Die Skulptur der Innenfläche der Bohrlöcher ist unter der Annahme eines frei ins Wasser abgegebenen Sekrets nicht erklärbar, wie Ätzversuche mit

verdünnten Säuren zeigen. Läßt man auf das Gestein verdünnte Salz- oder Salpetersäure (2 n) einwirken, so entstehen unregelmäßige Höhlungen mit zerfressener Wand; schwerer lösliche Einschlüsse ragen in den Hohlraum hinein und werden schließlich vollständig freigelegt. Eisenhaltige Einschlüsse, wie kleine Limonitkörner, ragen oft auch in das Innere natürlicher Bohrlöcher vor, was gegen eine irgendwie geartete mechanische Wirkung spricht. Meist sind diese schwerlöslichen Körper so klein, daß sie sehr bald vollständig aus der Wand herausgeätzt werden. Hie und da konnte ich derartige Limonitkörner am Boden der Bohrlöcher liegend auffinden.

Über die Lage der Muschel im Bohrloch gaben Beobachtungen an lebenden Tieren im Freien und im Aquarium Aufschluß. Ein Teil der Tiere wurde in ihren Bohrlöchern belassen, ein anderer in passenden Glastuben gehalten. Es zeigte sich, daß die Tiere gewöhnlich die Schalen weit geöffnet halten und die entstehende Spalte durch Aneinanderlegen der Mittelfalten des Mantelrandes vollständig verschließen. Die Siphonen werden weit ausgestreckt und liegen dem distalen Ende der Röhre dicht an. Am Vorderende des Schalenpaltes wird ein Teil des Mantelrandes vorgestreckt und meist dem Boden der Röhre angedrückt (Fig. 6). Dieser vordere Mantellappen besteht aus einer Verdickung der Mittelfalte des Mantelrandes, liegt vor dem vorderen Adduktor und kann über den Schalenrand hinaus vorgestreckt werden¹²⁾. Die von mir untersuchten Exemplare waren ausnahmslos mit Byssus in ihren Bohrlöchern befestigt. Sehr alte Exemplare sollen nach mehreren übereinstimmenden Angaben der Literatur keinen Byssus mehr abscheiden.

Wenn die beiden starken Retraktoren des Byssusapparats kontrahiert sind, so liegt die Muschel an der Wand der Röhre und ihr Vorderende ist vom blinden Ende des Bohrloches entfernt (Textfig. 2A). Durch Erschlaffen dieser Muskeln kommt das Tier ungefähr in das Zentrum zu liegen und kann auch das Vorderende mit dem Boden des Bohrloches in Berührung bringen (Textfig. 2B). Es sind außerdem,

¹²⁾ LIST (1902) erwähnt diesen Mantellappen nicht und er ist auch auf keiner seiner Abbildungen zu erkennen. Es scheint das damit zusammenzuhängen, daß LIST seine Abbildungen nach narkotisierten Exemplaren, die eine unnatürliche Haltung angenommen haben, anfertigen ließ und keine umfangreichen Beobachtungen an lebendem Material anstellte.

solange das Tier mit Byssus befestigt ist, folgende Bewegungen möglich: Öffnen und Schließen der Schalen, Ausstrecken und Einziehen der Siphonen¹³⁾ und des wurmförmigen Fußes und Bewegungen des Mantelrandes durch Kontraktion der Pallialmuskeln. Oft kommt es vor, daß ein Tier freiwillig den Byssus abstößt, um sich an einer anderen Stelle zu befestigen. Der alte Byssus bleibt an der Wand der Röhre hängen. Der Vorgang der Befestigung läßt sich bei in Glasröhren gehaltenen Exemplaren gut beobachten. Sehr bald nachdem das frisch eingesetzte Tier die Schalen geöffnet hat, erscheint zwischen den Mantelrändern der Fuß und führt an der Wand tastende Bewegungen aus. Dabei wird aber keine Spalte zwischen den aneinandergelegten Mantelrändern und dem Fuß freigelassen (Fig. 6). Ist eine passende Stelle gefunden, so wird die Ausmündung der Byssusdrüse der Glaswand angedrückt und später langsam zurückgezogen. Die Befestigung ist nach einigen Stunden fertiggestellt. Auch wenn keine Störung erfolgt, verändert das Tier verhältnismäßig oft den Platz in der Röhre und die abgestoßenen Byssusreste bleiben an der alten Befestigungsstelle hängen. Dieses Verhalten ermöglichte die Feststellung, daß *Lithodomus* auch unter natürlichen Verhältnissen seinen Platz im Bohrloch öfter wechselt. Alte Befestigungsstellen sind auch dann noch nachweisbar, wenn die Byssusfäden abgefallen sind, da deren verbreitertes distales Ende am Substrat kreisförmige Flecken hinterläßt, die sich durch ihre etwas dunklere Farbe und glatte Oberfläche von dem normalen Aussehen der Bohrlochwand unterscheiden (Fig. 12). Veränderungen der Anheftungsstelle kommen sowohl in der Längsrichtung als auch, und zwar viel häufiger, in der Horizontalen vor. Auf diese Weise kann *Lithodomus* in seinem Bohrloch vollständige Drehungen um die Längsachse ausführen. CARAZZI (1892) gibt zwar an, daß sich

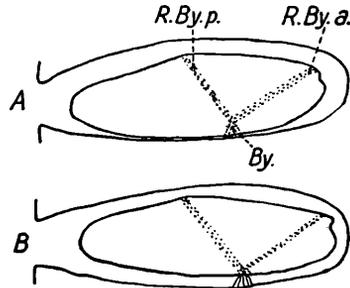


Fig. 2. Lage von *Lithodomus lithophagus* im Bohrloch (Schale durchsichtig gedacht). By = Byssus, R By a = vorderer Byssusretractor, R By p = hinterer Byssusretractor. A = mit kontrahierten Byssusretractoren, B = mit erschlafften Byssusretractoren.

¹³⁾ Die Tiere reagieren auf Temperaturänderungen oder Beschattung mit plötzlichem Einziehen der Siphonen, während die Schalen erst bei stärkeren Reizen geschlossen werden.

junge Exemplare von *Lithodomus* in ihrem Bohrloch nicht drehen können und daß erst bei erwachsenen Tieren ein Raum zwischen Schale und Wand entsteht, der eine Drehung ermöglicht. Es war mir aber nicht möglich, auch unter jungen Exemplaren von 10 bis 15 mm Länge eines aufzufinden, daß sich nicht nach Durchtrennung des Byssus ohne weitere Beschädigung im Bohrloch um 360° drehen ließ. Bei älteren Individuen war ebenfalls nach Durchtrennung des Byssus unbegrenzte Drehbarkeit feststellbar, allerdings nur, wenn die Siphonen etwas eingezogen werden, wie das in Fig. 6

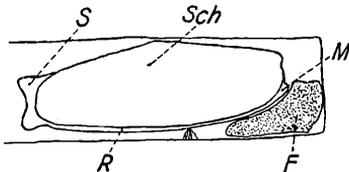


Fig. 3. Verhalten von *Lithodomus lithophilus* gegenüber einem in den Behälter gelegten Fremdkörper. F, S = Siphonen, Sch = Schale, R = Mantelrand, M = vorderer Mantellappen.

ersichtlich ist. Doch dürften auch die vollständig ausgestreckten Siphonen infolge ihrer Dehnbarkeit ziemlich beträchtliche Drehungen gestatten. Wie das Tier die Drehung ausführt, konnte ich bisher nicht direkt beobachten, es ist aber naheliegend, daß dabei dem Fuße besondere Bedeutung zukommt.

Ein Verlassen des Bohrloches ist

dem Tier unter allen Umständen unmöglich, auch bei den jüngsten mir zur Verfügung stehenden Stücken war es nicht möglich, die Muschel ohne Verletzung aus dem Bohrloch zu entfernen. Es muß also schon sehr bald eine Vergrößerung des Umfanges des Tieres stattfinden, nachdem es sich in das Gestein eingebohrt hat.

Sehr eigentümlich ist das Verhalten von *Lithodomus* gegenüber in die Röhren gelegten Fremdkörpern. Entweder wurden ausgestanzte Scheiben aus Sepiaschulpen als Bodenbelag der Glastuben verwendet oder schmale Stücke seitlich zwischen Glaswand und Tier gelegt (Textfig. 3). Die Muscheln reagierten auf diese Störung damit, daß sie entweder den vorderen Mantellappen oder die freien Mittelfalten des Mantelrandes gegen das Hindernis ausstreckten und dauernd mit ihm in Berührung hielten. Von einem Reiben des Mantelepithels am Fremdkörper war nichts zu bemerken. In der beschriebenen Lage blieben die Muscheln mehrere Tage lang. Die herausgenommenen Stücke der Sepiaschulpen zeigten an den Stellen, wo sie mit dem Mantel in Berührung waren, Eindrücke. Die Stücke waren aber so stark aufgeweicht, daß ein geringer Druck genügte, derartige Eindrücke hervorzubringen, doch scheint es mir nicht wahrscheinlich, daß die genannten Eindrücke auf mechanischem Weg entstanden

sind. Es war dagegen nicht möglich, an Stücken von Pinna-schalen, die ungefähr 8 Tage mit einer Muschel in der beschriebenen Weise in Berührung waren, eine Abtragung einwandfrei nachzuweisen. Hiefür dürfte die verhältnismäßig geringe Löslichkeit der Pinna-prismen und die kurze Versuchsdauer verantwortlich zu machen sein. Bei Versuchen, bei denen die Muscheln in vorgebohrten aber zu seichten Löchern einer Sepienschulpe gehalten wurden, war in 14 Tagen ein Vorschub von 2—3 mm nachweisbar.

Es kommen also für die Bearbeitung des Gesteines der vordere Mantellappen, der freie Mantelrand in seiner ganzen Ausdehnung und die Außenwand der Siphonen in Betracht (Fig. 7). Daß das Tier imstande ist, mit den genannten Flächen jede Stelle der Wand des Bohrloches zu berühren, ergibt sich aus den früher erörterten Bewegungsmöglichkeiten. Dabei dürfte der vordere Mantellappen und der anschließende Teil des freien Mantelrandes den Vorschub besorgen, während der größte Teil des Mantelrandes der Erweiterung der Röhre und die Außenwand der Siphonen nur der Ausgestaltung des Röhrenendes dient. In diesem Zusammenhang sei nochmals auf das schon erwähnte Stück hingewiesen, das einen etwas vertieften unbewachsenen Längsstreifen zeigt, auf dem noch alte Byssusreste festgeheftet sind, während der übrige Teil des Bohrloches durch Algenbewuchs braun verfärbt ist. Die Deutung dieser Erscheinung, daß ein von einer Ruheperiode gerade zur Arbeit übergehendes Tier vorliegt, ist naheliegend (vgl. Fig. 12). Mechanische Arbeit kommt schon deswegen nicht in Betracht, weil weder derartig wirksame Elemente in den Mantelepithelien vorhanden sind, noch merkbare Bewegungen ausgeführt werden. Chemische Arbeit könnte vorliegen, nur muß sie in der Weise erfolgen, daß die Auflösung des Kalkes in direkter Berührung zwischen Mantelepithel und Substrat vor sich geht, daß also keine Sekrete oder Lösungsprodukte in das umgebende Wasser gelangen und daß die Arbeit willkürlich vom Tier beeinflußt werden kann. Daß letzteres der Fall ist, zeigen Versuche, bei denen die Muscheln in paraffinierten Glasröhren gehalten wurden, wo ihnen also keine für sie angreifbaren Substanzen zur Verfügung standen und eine Neutralisation etwaiger saurer Substanzen durch die Alkaliabgabe des Glases verhindert war. Täglich wurde die Wasserstoffionenkonzentration geprüft, da sich bei Abgabe eines Sekrets, das Kalk zu lösen ver-

mag, eine Änderung zeigen müßte. Bei achttägiger Versuchsdauer blieb aber das pH innerhalb der Fehlergrenze konstant¹⁴⁾. Auch die Beobachtung LIST's, der *Lithodomus* über ein Jahr frei auf dem Sandboden des Aquariums hielt, ohne daß sich die Tiere einzubohren versuchten, spricht dafür, daß die Bohrtätigkeit willkürlich beeinflußt werden kann¹⁵⁾. Daß Perioden der Arbeit mit Ruheperioden abwechseln, konnte ich anlässlich der Besprechung der Ausbildung der Bohrlöcher wahrscheinlich machen. Auch hinsichtlich der Stellen, an denen gearbeitet wird, muß der Regulation von Seiten des Tieres ein großer Einfluß zukommen, da sonst die Durchschneidung schwerer löslicher Einschlüsse ohne Niveaudifferenz nicht möglich wäre. Es muß also an derartigen Stellen intensiver gearbeitet werden als in der Umgebung. In diesem Fall wäre es möglich, daß der Berührungszreiz als Auslösung funktioniert¹⁶⁾. Über die Natur des Sekrets war, wie schon erwähnt, nichts Genaueres eruierbar. Wenn aber die Auflösung des Kalkes in der Weise erfolgt, daß der Mantel ständig mit dem Substrat in Berührung bleibt, so müßten sich Abbauprodukte im Mantel und den Siphonen nachweisen lassen. Zu diesem Zwecke wurden die verschiedenen Gewebe der Muschel mikrochemisch auf Kalk geprüft¹⁷⁾. Der Mantelrand und die Außenfläche der Siphonen gaben deutliche Kalkreaktionen, ebenso die Kiemen, der Darm und die Niere. Die Leber enthält nur sehr geringe Kalkmengen, während sie bei Gastropoden häufig als Kalkdepot dient. Der im Mantelrand nachgewiesene Kalk kann für den Weiterbau der Schale bestimmt gewesen sein, während der Kalk in der Außen-

¹⁴⁾ Versuche, das Sekret durch Verwendung geeigneter Substanzen abzufangen, sind noch nicht abgeschlossen.

¹⁵⁾ Die Tiere lagen dabei mit klaffenden Schalen und Mantelrändern auf dem Rücken und zeigten infolge der Belichtung Pigmentzunahme.

¹⁶⁾ Ganz analoge Verhältnisse finden sich bei zahlreichen Gastropoden, die Teile ihres Gehäuses beim Weiterbau resorbieren. Es sei nur an manche *Murex*-Arten (*M. crassispira*, *tenuispina*, *troscheli*, *radix*) erinnert, bei deren Wachstum lange Stacheln vor die Mündung zu stehen kommen, die von einem Mantellappen eingehüllt und vollständig resorbiert werden. Erst dann erfolgt der Ansatz neuer Schalensubstanz. Auf diese interessanten Verhältnisse soll gelegentlich ausführlich eingegangen werden.

¹⁷⁾ Es wurde immer parallel der Nachweis mit 1%iger alkoholischer Schwefelsäure und mit einem Gemisch von 50%iger Kalilauge und gesättigter Kaliumkarbonatlösung versucht. Im ersten Falle treten lokal Gipsnadeln auf, im zweiten sechseckige Tafeln von: $2 \text{ Ca CO}_3 + 3 \text{ K}_2 \text{ CO}_3 + 6 \text{ H}_2 \text{ O}$.

wand der Siphonen von der Bohrtätigkeit herrühren könnte¹⁸⁾. Über die Drüsen des Mantelrandes und der Körperoberfläche liegt eine Anzahl von Arbeiten vor, von denen die LIST's (1902) *Lithodomus* eingehend berücksichtigt. Es kommen zwei Drüsenarten vor; basophile einzellige Drüsen mit hyalinem Inhalt und acidophile Zellen mit granuliertem Inhalt. Diese beiden Drüsenformen sind aber nicht auf den Mantel beschränkt und kommen ziemlich regelmäßig in der Wand der Siphonen vor, während sie nur gelegentlich an anderen Stellen, wie Mundlappen und Kiemen, auftreten. Vorkommen und Häufigkeit der Drüsen wird nach LIST durch Außenfaktoren, wie Ernährungszustand, Jahreszeit, Gefangenschaft und Geschlechtstätigkeit, weitgehend beeinflusst. Welche Drüsen des Mantels für die Auflösung und Resorption des Kalkes in Betracht kommen, läßt sich nach unseren derzeitigen geringen Kenntnissen von ihrer Funktion nicht entscheiden. Man wird dabei aber in erster

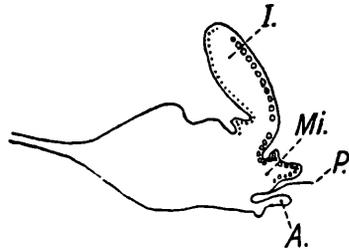


Fig. 4. Querschnitt durch den Mantelrand von *Lithodomus lithophagus* (mit Benützung einer Figur von List). A = Außenfalte, Mi = Mittelfalte, I = Innenfalte, P = Periostrakum, o = Körnerdrüse, .. = Schleimdrüsen.

Linie an die Granulazellen denken, die an der Umbiegungsstelle der Mittelfalte des Mantels eine Anhäufung erfahren (Textfig. 4). Welche Funktion die großen Manteldrüsen haben, ist vorläufig noch nicht geklärt. Bei der großen Veränderlichkeit der einzelnen Drüsen-elemente, die wahrscheinlich mit den verschiedenen Auf- und Abbauvorgängen zusammenhängt, werden noch eingehende Untersuchungen unter Ausschaltung der durch die Haltung der Tiere im Aquarium vorhandenen Fehlerquellen notwendig sein, bevor sich auf diesem Gebiet einigermaßen sichere Angaben machen lassen.

Es soll noch ausdrücklich hervorgehoben werden, daß die hier entwickelte Auffassung von der Bohrtätigkeit von *Lithodomus lithophagus* noch in verschiedener Hinsicht hypothetischen Charakter trägt, daß sie aber den Tatsachen in weitgehender Weise gerecht

¹⁸⁾ An dieser Stelle müssen künftige Untersuchungen angreifen, um den Kalkumsatz von *Lithodomus* klarzustellen. Leider liegen von anderen Mollusken nur sehr spärliche Nachrichten vor, so daß sich vorläufig nur recht wenige Anhaltspunkte ergeben. Es sei nur daran erinnert, daß der Chemismus der Schalenbildung noch in keiner Weise geklärt ist.

wird. Nimmt man diesen Erklärungsversuch der Bohrtätigkeit an, so erscheint sie als Spezialfall der bei den Mollusken weit verbreiteten Schalenresorptionsvorgänge. In der angedeuteten Richtung angestellte Untersuchungen werden zeigen, ob sich die Arbeitshypothese auch fernerhin bewährt.

A n d e r e *L i t h o d o m u s* - A r t e n .

Es soll nun versucht werden, eine Übersicht über die Mannigfaltigkeit der übrigen *Lithodomus*-Arten zu geben und die Verschiedenheiten von dem eingehend geschilderten *Lithodomus lithophagus*, soweit es an konserviertem Material möglich ist, festzustellen.

Einige Arten schließen sich in morphologischer Hinsicht eng an *Lithodomus lithophagus* an und scheinen auch in der Lebensweise übereinzustimmen. Als Beispiele seien genannt: *L. antillarum* PHIL., *gracilis* PHIL., *niger* D'ORB., *teres* PHIL. und *Zittelianus* DKR.¹⁹⁾.

Bei einer anderen Gruppe tritt die in den Ruheperioden erfolgende Auskleidung des Bohrloches und Inkrustierung der Schale stärker hervor. Ähnlich wie es bei *L. lithophagus* geschildert wurde, treten zwei Ausbildungsarten der Bohrlöcher und Schaleninkrustationen auf, die man mit Arbeits- und Ruheperioden in Zusammenhang bringen kann. Sobald das Tier die Bohrarbeit einstellt, dringen in die Höhlung zahlreiche Organismen ein und setzen sich teilweise an der Schale fest. Daneben lagert sich reichlich anorganischer und organischer Detritus ab, der im Bohrloch vor der Verschwemmung durch Wellen ziemlich gesichert ist. Vermutlich durch Bewegungen des Tieres wird die so entstehende Masse an die Wand des Bohrloches angepreßt und sammelt sich auch an jenen Stellen der Schale, die der Wand nicht knapp anliegen. Diese Verhältnisse lassen sich bei

¹⁹⁾ Vollständig glatte Oberfläche hat *L. castaneus* DKR. *L. crenulatus* DKR. zeichnet sich durch gerippten Ligamentrand aus. Bei *L. stramineus* DKR. und *corrugatus* PHIL. findet sich am hinter der Arealkante liegenden Teil der Schale eine deutliche Parallelstreifung, die mit dem Streifensystem des vorderen Schalenteiles im Bereich der Arealkante zur Interferenz kommt. Diese Skulptur ist bei fossilen Formen weit verbreitet, so bei *L. styriacus* TEPPNER, *L. Lyellianus* MEYER-EYMAR und *L. tirolensis*. Mechanische Bedeutung dürfte ihr aber nicht zukommen. Verhältnismäßig kurze und plumpe Schalenformen haben *L. ventrosa* DKR. und *obesa*. Sehr gedrungene an Modiolaarten erinnernde Formen weisen *L. fuscus* GMEL. und *cinnamomius* CHEMN. auf.

Lithodomus appendiculatus PHIL.²⁰⁾ gut beobachten, bei dem ein zwischen 1. und 2. Arealkante liegendes keilförmiges Feld etwas eingedrückt ist. Hier sammelt sich die inkrustierende Masse an und überragt als Fortsetzung des erwähnten Feldes das Hinterende der Schale. An den übrigen Teilen der Schale ist die Inkrustation schwach, sie fehlt sogar in der Nähe der Wirbel und an einem schmalen Streifen längs des freien Schalenrandes meist vollständig (Fig. 3). Es entsteht also auf diese Weise eine Verlängerung der Schale, deren Außenseite durch das Lumen des Siphonalendes des Bohrloches, deren Innenseite durch die Außenwand der Siphonen geformt wird. Diese nichtkristallinische Inkrustation und Röhrenauskleidung, die bei *L. appendiculatus* bis zu 3 mm Dicke erreicht und konzentrische Schichtung aufweist, besteht ebenso wie bei *L. lithophagus* aus Kalziumkarbonat, das in Form von Kalzit vorliegt (vgl. Tabelle Seite 86). Nach der Entkalkung mit verdünnten Säuren bleibt ein reichlicher brauner Rückstand, der die Form des ursprünglichen Stückes behält. In ihm sind Algenfäden, Zellflächen von Rotalgen, pennate Diatomeen, Reste von Angiospermengewebe mit Gefäßbündeln, Nadeln von Kieselschwämmen und zahlreiche andere organische Reste in großer Menge vorhanden²¹⁾. Dazwischen findet sich eine braune körnige Grundmasse, die von verdünnten Säuren und Alkalien anscheinend nicht angegriffen wird, und deutliche Xanthoproteinreaktion gibt. Von Conchin unterscheidet sie sich dadurch, daß sie nicht doppelbrechend ist. Ob diese Substanz ein Sekret des Tieres ist oder mit den anderen organischen Resten in das Bohrloch gelangt ist, ließ sich nicht einwandfrei feststellen. Das Vorkommen einer ähnlichen Substanz im unabhängig von *Lithodomus* gebildeten Überzug des Gesteines, der auch dieselben organischen Reste enthält, scheint dafür zu sprechen, daß die Masse nicht vom Tier abgeschieden wird. Doch scheint neben der mechanischen Verfestigung durch Druck auch eine Verkittung des Detritus zu er-

²⁰⁾ Das Untersuchungsmaterial dieser Art verdanke ich Herrn Professor ABEL, der die Tiere 1925 in der Bucht von Cabañas an der Nordküste von Cuba auf einem alten Korallenriff unterhalb des Forts sammelte.

²¹⁾ Unter den nicht sicher identifizierbaren Resten finden sich zwei sehr eigentümliche vermutlich aus Kieselsubstanz bestehende Gebilde. Die einen sind Stachelkugeln, die den Auxosporen von *Chaetoceras* (*Diatomeae centricae*) sehr ähnlich sind, die anderen an vielarmige Staurastrumarten erinnernde Kieselkörper. Es könnte sich auch um komplizierte Kieselkörper von Schwämmen handeln.

folgen, da sich eine häufige Form der Ausbildung des Siphonalendes von *L. appendiculatus* kaum anders erklären läßt. Es ragt bei diesen Stücken ein kreisförmiger, aus der Substanz der Röhrenauskleidung bestehender Wall über das Substrat hervor, dessen Innenfläche vermutlich von der Außenwand der Siphonen geformt wird, die bei dieser Art keine seitliche Einschnürung erkennen lassen. Da die Außenwand des Walles frei ins Wasser vorragt, kann sie nicht als Ausguß einer vorhandenen Form gedeutet werden. Mitunter kommt es vor, daß ein Teil der ausgekleideten Röhre durch Abbröckeln des Gesteines seitlich freigelegt wird (Fig. 18).

Leider war es mir nicht möglich, die anscheinend sehr seltenen Vertreter der Untergattung *Leiosolenus* zu vergleichen, deren in extremen Fällen körperlange Siphonen aus dem Bohrloche teilweise hervorragen und dort mit einer im Querschnitt 8-förmigen, am Ende zweilappigen Kalkröhre überzogen sind. Nach den Beschreibungen dürfte *L. patagonicus* D'ORB. zwischen *L. appendiculatus*, der eventuell als ein Anfangsstadium eines *Leiosolenus* gedeutet werden kann, und den extremen Formen: *L. rugiferus* DKR. und *spatiosus* CARP. vermitteln²²).

Die durch nicht kristallinische Inkrustationen gebildeten Schalenverlängerungen treten in ganz verschiedenen Formen auf. Während sie bei *Lithodomus curtus* LISCHKE kaum die Schalenenden überragen, bilden sie bei *L. appendiculatus*, *calyculatus* CARP. und *biexcavatus* REEVE. ungefähr 5 mm lange gerade Anhänge. Verhältnismäßig kurze Anhänge, deren Innenfläche einen Abdruck der 8-förmig eingeschnürten Siphonen darstellt, hat *L. lithura* PILSBRY. (Textfig. 5.) Eine weitere Verlängerung der Anhänge zeigt *L. cummingianus* DKR., während die langen schmalen Fortsätze bei *L. attenuatus* DESH. eine extreme Ausbildung erreichen.

Innerhalb der Gattung *Lithodomus* kommt noch eine weitere Form der Schaleninkrustation vor, die durch Auflagerung von kristallinischem Kalzit entsteht. Für sie ist das Fehlen einer organischen Grundsubstanz charakteristisch (Tabelle Seite 86). Eine entsprechende kristallinische Auskleidung des Bohrloches scheint nicht vorzukommen. Das Wachstum dieser Bildungen wird durch die

²²) *L. rugiferus* soll bei Puntarenas in Zentralamerika in Austern- und Margaritiferaschalen vorkommen. Zwei zweifelhafte Arten, *L. Inca* d'ORB. von Callao (Peru) und *Peruvianus* d'ORB. werden auch zur Untergattung *Leiosolenus* gerechnet.

Innenwand des Bohrloches beschränkt, was sich an der Oberfläche derartig inkrustierter Stücke leicht nachweisen läßt. Ob die kristallinische Inkrustation nur in den Ruheperioden gebildet und während der Arbeitsperioden gelöst wird, konnte ich nicht sicher feststellen; doch spricht das Vorkommen von Tieren, die nur die kristallinische Inkrustation aufweisen, neben Stücken derselben Art, bei denen außerdem noch nicht kristallinische Inkrustation vorliegt, dafür, daß die erstgenannte stabiler ist. Es soll noch erwähnt werden, daß es niemals möglich war, „amorphe“ Inkrustation unter kristallinischer nachzuweisen, während der entgegengesetzte Fall häufig vorkommt (Fig. 2). Auch diese Inkrustation tritt in verschiedener Form und Intensität auf. Die kristallinische Inkrustation erreicht ebenfalls nur im Feld zwischen erster und zweiter Arealkante größere Mächtigkeit, während die übrige Fläche der Schale von sphäritischen mehr oder weniger dicht stehenden Konkretionen überzogen wird. Nur ein schmaler Streifen entlang dem freien Schalenrande scheint ständig frei zu bleiben.

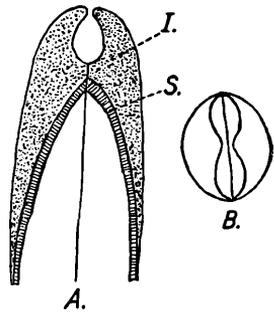


Fig. 5. Hinterende der Schale von *Lithodomus lithura* mit nicht-kristallinischer Inkrustierung = I, S = Schale, A = Längsschnitt, B = Aufsicht.

Während bei *L. obesus* DKR. gelegentlich Stücke mit kristallinischem Anflug vorkommen, zeigt *L. nasutus* PHIL. öfter zur Schalenlängsachse senkrechte Lamellen, die aber das Hinterende nicht überragen. Bei *L. cavernosus* DKR. (Fig. 20) *pessulatus* REEVE. und *Löbbeckeanus* DKR. sind diese Lamellen wesentlich breiter und höher. Bei *L. hanleyanus* DKR. werden die Lamellen, die hier auch das Hinterende der Schale überragen, durch zur Längsachse parallele Streifen verbunden, wodurch maschenartige Räume entstehen (Fig. 2). Ähnliche Verhältnisse zeigt *L. reticulatus* DKR. Bei *L. canaliferus* HANLEY. (Fig. 26) treten 3—4 gegen das Hinterende schwach divergierende Kiele, die neben der ersten Arealkante liegen in den Vordergrund. Die Zwischenräume sind streckenweise überdeckt. Auf diese Weise kommt es zur Ausbildung teilweise gedeckter Rinnen. Eine ähnliche Rinne kommt auch bei *L. hanleyanus* im Bereiche der Arealkante vor.

Die bei *L. canaliferus* vorhandene Auskleidung der Bohrlöcher

stimmt mit der von *L. appendiculatus* überein. Hie und da findet man auch verhältnismäßig große Körner von Quarzsand in die Wand eingekittet. Dadurch, daß sich an einem der Arealkante parallelen Längskiel beiderseits gegen das Schalenende divergierende kurze Kiele ansetzen, entstehen federähnliche Formen, wie sie *L. malaccanus* REEVE, *plumula* HANLEY und *L. subula* REEVE aufweisen (Fig. 22). Bei einigen Arten kommen auch am vorderen Teil des Unterrandes der Schale zur Längsachse senkrechte Lamellen vor, wie sie

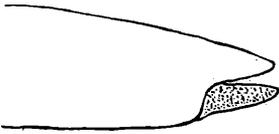


Fig. 6. Hinterende einer Schale von *Lithodomus caudigerus*. Kreuzschnabelartiges Übereinandergreifen der Schalenverlängerungen. (Der Fortsatz der rechten Klappe punktiert.)

L. pessulatus REEVE. und *rugiferus* DKR. zeigen (Fig. 24). Sehr eigentümliche Bildungen sind die bei *L. aristatus* SOLANDER., *caudigerus* LAM., *mucronatus* PHIL. und *Jeffreysii* DKR. vorkommenden ebenfalls kristallinischen gekreuzten Schalenverlängerungen, die an den Schnabel eines Kreuzschnabels erinnern (Textfig. 6). Dabei kommen bei *L. aristatus* sowohl Stücke vor, bei denen der Fortsatz der linken Schale oben und der der rechten unten liegt, als auch solche mit umgekehrter Anordnung. Leider liegt von diesen Tieren zu wenig Material vor, um festzustellen, ob in verschiedenen Gebieten die eine oder andere Art der Kreuzung vorherrscht²³). Die Oberfläche der Fortsätze ist ziemlich glatt und zeigt meist nur schwache sphäritische Unebenheiten. Bei diesen Tieren muß auch die Form der Siphonen von der normalen abweichen, da die gekreuzten Fortsätze keinen Raum für eine einfache oder schwach eingeschnürte Röhre lassen. PELSENEER (1911), der *L. aristatus* untersuchte, macht aber keine Angaben über die Siphonen. Über die Entstehung der kristallinischen Schaleninkrustationen lassen sich derzeit keine sicheren Angaben machen. Bemerkenswert ist das Fehlen einer organischen Grundsubstanz, wodurch die spezifisch verschiedene Ausbildung dieser Überzüge noch schwerer verständlich wird. Es sei noch erwähnt, daß ohne Mitwirkung von Organismen entstehende kristallinische Kalkablagerungen aus dem Meer nicht bekannt sind.

Während die bisher behandelten *Lithodomus*-Arten, die Bohr-

²³) In diesem Zusammenhange sei an ähnliche Verhältnisse bei den Silurmuscheln *Antipleura* und *Dualinia* BARR. erinnert, bei denen auch zwei spiegelbildlich gleiche Formen vorkommen. Viel verbreiteter sind derartige Fälle bei den Gastropoden. (*Ampullaria*, *Partula* usw.)

löcher von kreisförmigem oder nahezu kreisförmigem Querschnitt erzeugen und, so weit es feststellbar war, im Bohrloch ihren Platz durch Drehung um die Längsachse wechseln können, unter den bei *L. lithophagus* entwickelten Gesichtspunkten keine Schwierigkeiten bereiten, zeigen die Vertreter der folgenden Gruppe in verschiedener Hinsicht abweichende Verhältnisse. Als Beispiel sei *L. divaricatus* PHIL. angeführt. In der Schalenform entfernt sich diese Art weit von den bisher behandelten Formen dadurch, daß eine von den Wirbeln herablaufende Rinne den Unterrand der Schale einschnürt. Vor dieser Einschnürung zeigt die Schale nur Zuwachsstreifen, während hinter ihr die schwache Querrippung auftritt. Ein ähnliches deutlicheres Streifensystem findet sich oberhalb der Arealkante und kommt in deren Bereich mit dem erstgenannten zur Interferenz, wodurch eine netzartige Skulptur entsteht (Fig. 14). Der auch bei *L. appendiculatus* vorhandene Kiel des hinteren Teiles des Schloßrandes ist stark ausgebildet und überragt bei seitlicher Ansicht den vorderen Abschnitt der Schale. Die Inkrustation ist auf einen schwachen, nicht kristallinen Anflug des zugespitzten Hinterendes beschränkt. Sehr eigentümlich ist die Form des in einem Korallenstock angelegten Bohrloches²⁴⁾. Im mittleren Teil zeigt es ungefähr herzförmigen Querschnitt und seine obere Kante bildet einen genauen Abdruck der etwas geöffneten Schalen. In der Mitte verläuft eine dem dorsalen Kiel entsprechende gewinkelte Rinne, während ähnliche seitliche Rinnen einen Abdruck der Umgebung der Arealkante bei geöffneten Schalen darstellen. Die Form der einander in spitzem Winkel treffenden, etwas konkaven Seitenwände stellt einen Abdruck der Seitenflächen der Muschel dar (Fig. 16). An der unteren Kante des Bohrloches ist eine kräftige Byssusbefestigung nachweisbar. Bei geschlossenen Schalen hat die Muschel im Bohrloch weitgehende Bewegungsmöglichkeit, sowohl seitlich als auch von vorn nach rückwärts. Drehungen um die Längsachse sind dagegen nicht möglich (Textfig. 7). Die Innenskulptur entspricht der bei *L. lithophagus* beobachteten. Die Hohlräume des Korallenstockes sind glattrandig und ohne Korrosion durchschnitten. Das Siphonalende läßt dadurch, daß neben der länglichen Spalte an der Außenfläche des Korallenstockes seitlich glatte Streifen auftreten, die dorsal durch einen stumpfen Kiel getrennt sind, vermuten, daß die Siphonen in ihrem distalen Ende seitliche Lappen tragen

²⁴⁾ Das mir vorliegende Stück stammt von Tahiti.

(Fig. 17). Leider stand mir kein Exemplar mit konserviertem Weichkörper zur Verfügung, das eine genauere Deutung der beschriebenen Verhältnisse ermöglichen würde. Nachrichten über die Arbeitsweise dieses eigentümlichen Tieres liegen meines Wissens nicht vor. Es wäre möglich, daß die Bohrarbeit in ähnlicher Weise erfolgt, wie bei *Petricola*, auf die später genauer eingegangen werden soll. *L. difficilis* DESH., *argenteus* REEVE. und *Gossei* REEVE. schließen sich in der Schalenform eng an *divaricatus* an. Bei den ähnlich geformten Arten *laniger* DKR. und *barbatus* REEVE. zeigt das zugespitzte Hinterende kräftige Behaarung. Vielleicht

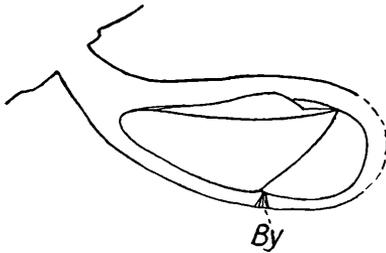


Fig. 7. Lage von *Lithodomus divaricatus* im Bohrloch. Der punktierte Teil der Umrißlinie ist ergänzt. By = Byssus.

gehört *L. semigranatus* REEVE., von der REEVE zwei sehr verschiedene Formen abbildet, die durch ein quastenförmiges Haarbüschel am Hinterende auffallen, in diese Gruppe (Fig. 21). *L. coarctatus* DKR. zeigt ebenfalls eine Einschnürung nahe dem Vorderende der Schale und schuppig an den Anwachsstreifen vorstehendes Periostrakum hinter der Areakante.

Bei dieser nach CARPENTER in *Spondylus calcifer* vorkommenden Art sind seitlich verbogene Schalen häufig (Fig. 25). Der kleine, in der Form an manche Modiolaarten erinnernde *L. opifex* SAY mit behaartem Hinterende und oft korrodierten Wirbeln kommt nach SAY an der brasilianischen Küste in Sand vor (Fig. 23).

Die hier an rezenten Bohrmuscheln untersuchten und beschriebenen Eigentümlichkeiten konnten zum größten Teil bei fossilem Material wiedergefunden werden²⁵).

So zeigen in der Schelmenhöhle bei Baden gefundene Blöcke Bohrlöcher einer tertiären *Lithodomus*-Art, die in allen Punkten mit den rezenten Löchern von *L. lithophagus* übereinstimmen. Eine *Ostrea callifera* von Zeilstück bei Weinheim (Umgebung von Alzey) weist vollständige Durchbohrung durch *Lithodomus* auf, ähnlich wie einige an der dalmatinischen Küste gesammelte rezente Stücke

²⁵) Die systematische Literatur über die fossilen Formen wurde nicht eingehend berücksichtigt. Die Grundlage für die Beobachtungen an fossilem Material bildeten die Sammlungen des Paläontologischen und Paläobiologischen Instituts der Universität Wien.

(vgl. Fig. 11). An einem gerollten Korallenstock aus den Ablagerungen der 2. Mediterranstufe von Vöslau ist die glatte Durchschneidung der Hohlräume des Korallenskeletts gut erkennbar. Schwache Auskleidung der Bohrlöcher findet sich in einem miozänen Strandgerölle von Vöslau, während ein Korallenstock aus den Szent-László-Schichten von Tár (Ungarn) sehr starke Auskleidung aufweist. Die finger- bis keulenförmigen Ausgüsse fossiler Bohrlöcher lassen meist deutlich erkennen, daß sie durch Verkittung in das Bohrloch eingeschwemmten Sandes entstanden sind. Ein von Professor ABEL beim Richardshof bei Mödling gesammeltes Stück Flysch, dessen Bohrlöcher teilweise mit Leithakalk ausgefüllt sind, dürfte einem Anfangsstadium des oben erwähnten Prozesses entsprechen.

Die übrigen Anisomyarier.

Außer der Gattung *Lithodomus* kommen innerhalb der Anisomyarier nur noch die Arten der Gattung *Adula* als Bohrmuscheln in Betracht. Sie werden von einigen Autoren den Mytiliden, von anderen den Dreissensiiden zugerechnet. Durch ihre oft nahezu zylindrische Körperform nähern sie sich der Gattung *Lithodomus*, sind aber dadurch, daß die Wirbel vom Vorderende mehr oder weniger entfernt stehen, leicht zu unterscheiden. Das Feld hinter der Areal-kante ist meist abgeflacht und trägt quer zur Längsachse liegende Streifen oder wollige Behaarung. Die Wirbel sind sehr häufig korrodiert. Bei einzelnen Arten ist die Areal-kante gut entwickelt: *A. falcata* GOULD., *soleniformis* d'ORB., *Gruneri* PHIL.²⁶⁾ und *stylina* CARP. Formen, bei denen die Lage der Areal-kante nur durch den Beginn der Behaarung angedeutet ist, sind *A. californiensis* ESCHSCH., *lanigera* DKR. und die vorne abgestutzte *truncata* GRAY. Durch auf der ganzen Schale zerstreute Behaarung zeichnet sich *A. parasitica* DESH. aus. Spezielle Nachrichten über die Bohrtätigkeit von *Adula* liegen meines Wissens nicht vor. Die Angaben lauten allgemein, daß die Arten in Kalkfelsen leben.

Einige Mytiliden haben die Gewohnheit, sich in engen Spalten festzusetzen, was zur Folge hat, daß sie bei ihrem weiteren Wachstum eingeschlossen werden und den bewohnten Raum nicht mehr verlassen können.

Eine aktive Vergrößerung der Höhlung scheint nicht möglich

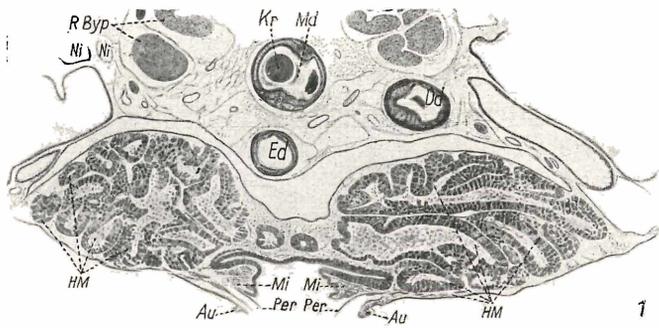
²⁶⁾ Diese Art wurde als *Lithodomus* beschrieben, gehört aber nach ihren Schalenmerkmalen zu *Adula*.

zu sein, wenn das Substrat starr ist. Da aber das Wachstum meist nicht eingestellt wird, kommt es zu Deformationen der Schale. Als Beispiel für dieses Verhalten sei *Mytilus minimus* genannt²⁷⁾. Diese Muschel besiedelt mit Vorliebe Gesteinsspalten und alte *Lithodomus*-Löcher, dringt in von *Vioa* zerfressene Steine ein und findet sich auch in leeren Balanidengehäusen. Ein von mir bei Isola gesammeltes Stück zeigt den Hohlraum der Balane vollständig mit aneinander gepreßten Exemplaren von *Mytilus minimus* erfüllt. Auch in das dichte Geflecht der Rotalge *Lithophyllum* dringt diese Muschel ein. In allen Fällen, wo die Tiere in ihrem Verstecke dem Licht entzogen sind, haben die Schalen nur die gelbbraune Farbe des Periostrakums, während das violette bis schwarze Pigment der Kalkschale nicht zur Ausbildung gelangt²⁸⁾. In den genannten Fällen war es nicht möglich, eine Bohrtätigkeit des Tieres nachzuweisen. Etwas anders liegen die Verhältnisse bei den Muscheln, die in organische Gewebe eindringen. So wurden von TOBLER (1901, 1, 2) Exemplare von *Mytilus* (nach ihm: *edulis*) in den Schwimmblasen der Braunalge *Ascophyllum* aufgefunden, merkwürdigerweise nur an der Flachküste, während er diese Erscheinung an der Steilküste nicht beobachten konnte²⁹⁾. Die Tiere dürften als Larven durch den Porus der Schwimmblasen eingedrungen sein, wuchsen heran und waren nicht mehr in der Lage, die Blase zu verlassen. Der Raum wurde bald vollständig von den Muscheln ausgefüllt und die Schwimmblase zu passivem Wachstum gezwungen. Dabei bildete sich an der Innenfläche bewohnter Schwimmblasen eine Rindenschicht aus. Später konnte die Wand nicht mehr mit dem Wachstum der Muscheln Schritt halten und riß auf. Die herausgefallenen Muscheln setzten sich später wieder fest. *Modiolaria marmorata* findet sich sehr häufig im Mantel von Aszidien, den sie, wenn in großer Zahl vor-

²⁷⁾ FISCHER gibt dasselbe von *Modiola*-Arten an, ohne aber spezielle Beispiele zu nennen. Als fossiles Beispiel kann eine in der Sammlung des Paläobiologischen Instituts befindliche *Congeria subglobosa* dienen, deren Höhlung von zahlreichen Exemplaren von *Congeria spathulata* vollständig ausgefüllt ist.

²⁸⁾ LIST (1902) konnte bei derartigen lichten Tieren durch Haltung im Tageslicht in 2 bis 3 Monaten dunkle Zuwachsstreifen der Schale erhalten. Er konnte auch in einer Höhle am Posilippo bei Neapel die schrittweise Abnahme des dunklen Pigmentes gegen den dunklen Teil der Höhle feststellen.

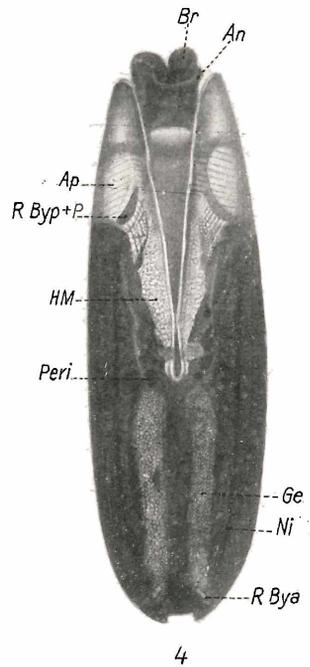
²⁹⁾ Möglicherweise hängt diese Erscheinung mit dem Fehlen geeigneter Anheftungsstellen an der Flachküste zusammen.



2

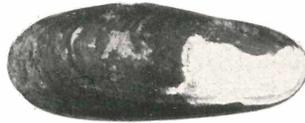


3

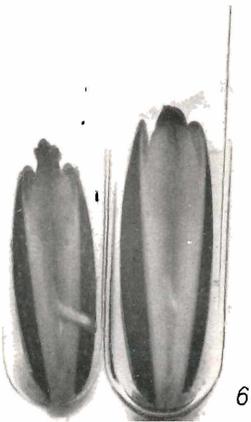




5a



5b



6



7

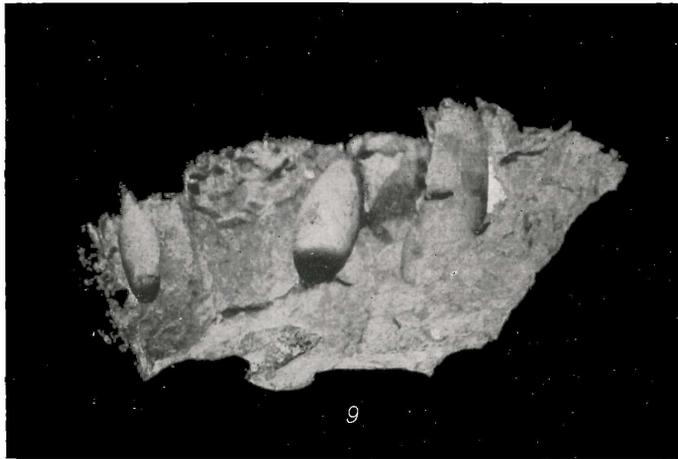
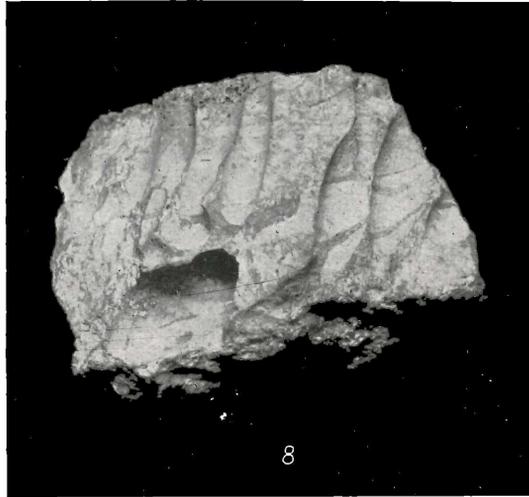
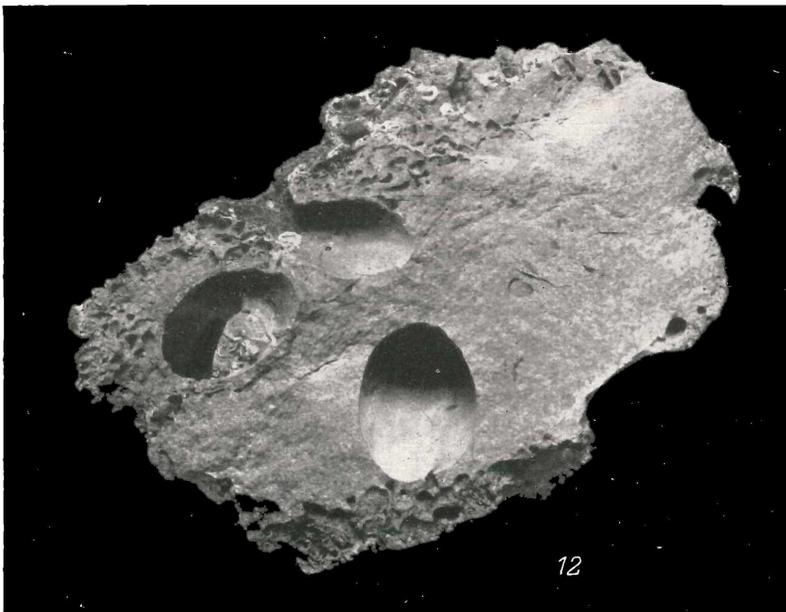
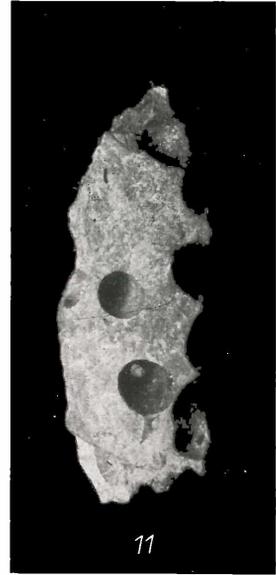
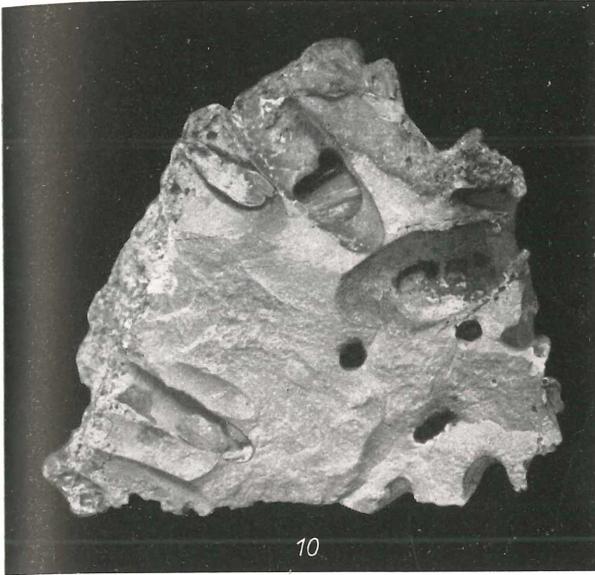




Figure 1: Scatter plot showing a positive linear relationship between two variables.



Figure 2: Scatter plot showing a negative linear relationship between two variables.



1. The first part of the document discusses the importance of maintaining accurate records of all transactions and activities. It emphasizes that this is crucial for ensuring transparency and accountability in the organization's operations.

2. The second part of the document outlines the various methods and tools used to collect and analyze data. It highlights the need for consistent data collection procedures and the use of advanced analytical techniques to derive meaningful insights from the data.

3. The third part of the document focuses on the role of technology in data management and analysis. It discusses how modern software solutions can streamline data collection, storage, and processing, thereby improving efficiency and accuracy.

4. The fourth part of the document addresses the challenges associated with data management, such as data quality, security, and privacy. It provides strategies to mitigate these risks and ensure that the data remains reliable and secure throughout its lifecycle.

5. The fifth part of the document concludes by summarizing the key findings and recommendations. It stresses the importance of ongoing monitoring and evaluation to ensure that the data management processes remain effective and aligned with the organization's goals.

handen, deformiert. Daneben kommen freilebende Exemplare vor, die sich an Steinen festheften. So berichten MEYER und MÖBIUS³⁰⁾, daß *Modiolaria* im Kieler Hafen nie in Aszidien gefunden wurde, sondern immer frei vorkommt. *Modiola (Myrina) pelagica* wurde in der Haut treibender toter Wale angetroffen. Auch in diesen Fällen scheint eine eigentliche Bohrtätigkeit nicht vorzuliegen und die Hauptarbeit bei der Erweiterung der bewohnten Räume dürfte durch den Wachstumsdruck geleistet werden. Es sei noch darauf hingewiesen, daß auch andere Anisomyarier in organische Gewebe eindringen. So finden sich *Crenatula* und *Vulsella* in Schwämmen, von denen sie teilweise überwachsen werden. Bemerkenswert ist, daß *Modiolaria*-Arten und *Modiola elongata*, wenn sie keine geeigneten Spalten oder Hohlräume finden, ähnlich wie Limiden aus Byssusfäden Nester herstellen.

Taxodonta.

Ein einziger Vertreter dieser Gruppe wurde bisher als Bohrmuschel angesehen: *Arca (Litharca) lithodomus* Sow. Leider war es mir nicht möglich, Exemplare dieser seltenen Art zu vergleichen. Nach der Angabe KOBELT's kommt die ziemlich langgestreckte Muschel an der Westküste von Columbia in der Ebbelinie in Steinen bohrend vor (Fig. 27). Weitere Angaben über ihre Lebensweise konnte ich nicht auffinden. Es wäre durchaus möglich, daß es sich in diesem Fall um eine ähnliche Erscheinung handelt, wie bei der im Mittelmeere häufigen *Arca (Barbatia) barbata*. Mit vielen Verwandten hat diese Muschel die Gewohnheit, gemeinsam sich in engen Spalten und Felslöchern festzusetzen. *Arca barbata* scheint aber eine ausgesprochene Vorliebe für alte leere *Lithodomus*-Löcher zu haben³¹⁾. Sie befestigt sich in ihnen mit Byssus und wird durch die Wände in ihrem Wachstum behindert. Bemerkenswert ist, daß nicht sofort unregelmäßige Deformationen auftreten, sondern daß die Längendimension gegenüber Breite und Höhe bevorzugt wird, wodurch sich die Muschel der Zylinderform nähert. Der Unterschied zwischen freilebenden und in Bohrlöchern eingeschlossenen Stücken desselben Fundortes ist sehr auffällig. Die Area der eingeschlossenen Exemplare zeigt auch eine viel geringere Breite als die freilebender Stücke. Die Wirbel sind oft in weitem Umkreis abgescheuert

³⁰⁾ Fauna der Kieler Bucht. Leipzig 1872.

³¹⁾ Am Molo von Capodistria wird der größte Teil der alten *Lithodomus*-Löcher von *B. barbata* bewohnt.

und zeigen vermutlich durch Reiben an der Wand hauptsächlich in der Längsrichtung verlaufende Kratzer. Von ihnen verläuft ein ebenfalls abgewetzter Streifen ungefähr parallel zur Arealkante nach rückwärts. (Fig. 28.) Aus diesen Verhältnissen geht hervor, daß in den von mir beobachteten Fällen eine mechanische Erweiterung des Bohrloches durch Reiben der Schale an der Wand nicht von Bedeutung sein kann, da dabei die Muschel leichter abgenützt wird als das Gestein.

In den Ablagerungen der zweiten Mediterranstufe von Grund bei Baden fand sich neben zahlreichen normalen Exemplaren von *Arca barbata* eines, das große Ähnlichkeit mit den oben beschriebenen Stücken aus Bohrlöchern aufweist. Ob es seine Form denselben Einwirkungen verdankt, läßt sich nicht mit Sicherheit feststellen, da keine genauen Angaben über die Fundumstände vorliegen (Fig. 29).

Auch von einer anderen Arcide, *Parallelepipedum tortuosum* L., wurde angenommen, daß sie ihre eigentümliche Form dem Aufenthalt in Felslöchern und -spalten verdanke. Es handelt sich aber nicht um eine unregelmäßige Deformation der Schalen, sondern um eine sehr konstante Torsion von ungefähr 90° um die Längsachse (Fig. 30). Die Stärke der Torsion variiert, soweit es feststellbar war, nicht bei Exemplaren desselben Fundortes³²⁾. Die Anatomie des Weichkörpers stimmt nach GOSH (1924) mit der von Vertretern der Untergattungen *Barbatia* und *Scapharca* überein. Der vordere Adduktor ist schwächer als der hintere, und die Area ist extrem verschmälert.

Es scheint mir nicht wahrscheinlich, daß der Aufenthalt in Felsspalten zu einer derartigen Schalentorsion führen kann, da die Raumanpassung entweder zu vollständig abgeplatteten Formen führt oder zu unregelmäßigen Bildungen, die einen Abguß des zur Verfügung stehenden Hohlraumes darstellen. Eine weitere Quelle der Schalendeformation bildet die bei Arciden weitverbreitete Festheftung der Muscheln aneinander. Die Tiere hindern sich dabei gegenseitig im Wachstum, und es entstehen durch dünne Stellen und abnorme Formen ausgezeichnete Schalen. Auf und zwischen derartigen verkitteten Exemplaren lagert sich häufig ein nicht kristallinischer Kalküberzug ab, der in seiner Zusammensetzung der Auskleidung der Bohrlöcher von *Lithodomus* ungefähr entspricht.

³²⁾ Festgestellt an zahlreichen von Professor ABEL bei Lorenzo Marques (Südafrika) gesammelten Exemplaren.

Für *Parallelepipedum* kommt keine der genannten Möglichkeiten in Betracht, da es sich nicht um eine durch die jeweiligen Umweltseinflüsse bedingte Reaktionsform handelt, sondern um eine sehr konstante Abweichung vom Normaltypus der Arcaschale.

Die Lebensweise gibt keinen Anhaltspunkt für die Entstehung der Torsion durch Anpassung an Spalten. Die Nachrichten lauten übereinstimmend, daß die Tiere einzeln frei auf schlammigem Sand in geringer Tiefe (4—10 Faden) leben³³⁾.

GOSH nimmt daher an, daß es sich um eine zum freien Leben zurückgekehrte Form handle, wofür er aber keine weiteren Argumente anführt als die Schalentorsion, die aber nicht auf dem Wege der Raumanpassung entstanden sein kann.

Eine weitere Eigentümlichkeit der Arciden dürfte den Weg zur Erklärung dieser eigentümlichen Drehung zeigen. Bei der Gattung *Arca* ist der Byssus meist sehr gut ausgebildet und sein Austritt aus der geschlossenen Schale wird durch eine „Byssusspalte“ ermöglicht. Bei den Untergattungen *Barbatia* und *Scapharca* ist die Byssusspalte asymmetrisch und wird durch eine Einbuchtung des Unterrandes der rechten Schalenklappe gebildet. In seinem weiteren Verlaufe zeigt der Unterrand der rechten Klappe eine geschwungene Ausbuchtung, die in eine Einbuchtung der linken Klappe hineinpaßt und annähernd eine Kompensation der Byssusspalte darstellt. Auf diese Weise bildet der Unterrand eine schwach S-förmig geschwungene Linie. Bei einigen *Barbatia*-Arten tritt eine Reduktion des Byssusapparates und damit ein Verschuß der Byssusspalte auf. Dabei wird aber die Ausbuchtung der rechten Klappe nicht rückgängig gemacht, sondern durch einen Vorsprung der linken überdeckt. Dadurch erhält der untere Schalenrand eine stärkere S-förmige Krümmung und ist wieder vollständig geschlossen. In der Reihe *Barbatia velata* — *nivea* — *japonica* lassen sich die verschiedenen Stadien des Verschlusses der Byssusspalte nachweisen³⁴⁾. Mitunter greift der vorspringende hintere Lappen der rechten Klappe über die linke hinüber³⁵⁾.

³³⁾ Von GOSH in der Palk Bay in Indien und von CUMMING bei Malakka und Singapore beobachtet.

³⁴⁾ Die Dimensionen der Byssusspalte werden stark von Standortsfaktoren beeinflußt und damit auch der Betrag der auftretenden Schalentorsion.

³⁵⁾ Bei *Barbatia velata* kommen auch Stücke mit umgekehrt S-förmiger Krümmung des Unterrandes vor.

Parallelepipedum semitortum LAM. zeigt die besprochene Krümmung des Unterrandes sehr deutlich ausgeprägt und der Vorderrand der Schale schließt mit dem Hinterrand einen Winkel von ungefähr 45° ein, während bei *Barbatia* nur sehr kleine Winkel beobachtet wurden. Die Arealkante der linken Klappe tritt stark hervor und die Schale ist hinter ihr ziemlich stark abgeknickt, während die Wölbung der rechten Klappe von der Arealkante, die einen vom Wirbel herablaufenden schwachen Wulst darstellt, kaum unterbrochen wird. *P. tortuosum* stellt in jeder Hinsicht eine Weiterbildung von *P. semitortum* dar. Die Krümmung ist so stark, daß Vorder- und Hinterrand einen Winkel bis zu 90° einschließen. Die beiden Adduktoren wirken also nahezu senkrecht aufeinander. Die Arealkante der linken Klappe ist bei den mir vorliegenden Exemplaren von Lorenzo-Marques ähnlich wie bei *P. semitortum* ausgebildet, während das von REEVE abgebildete hinterindische Exemplar (Fig. 30) eine scharf schnurförmig abgesetzte schuppig skulpturierte Arealkante und hinter ihr sehr starke Abknickung der Schale aufweist.

Ob die Schalentorsion für das Tier eine besondere Bedeutung hat, läßt sich bei der Lückenhaftigkeit der biologischen Angaben nicht feststellen.

Es wäre aber zu bedenken, daß ein schraubenflügel förmiger Körper von den Wellen leichter gerollt wird als eine normale flache Muschelschale, daß also *Parallelepipedum* nicht leicht im schlammigen Sande versinkt, da es von den Wellen immer wieder erfaßt und herumgerollt wird.

Den Vertretern der Untergattung *Parallelepipedum* ist eine quere Einschnürung der Wirbel gemeinsam, die sich bis zum Schalenrande fortsetzt. An der Innenseite der Schale verläuft eine entsprechende Verdickungsleiste, die eine mechanische Bedeutung haben könnte, da gerade diese Stelle bei der Kontraktion der Schließmuskeln stark beansprucht wird, wenn irgendein Fremdkörper zwischen die Schalen gerät.

Nach GOSH sind Byssusapparat und Fuß von *P. tortuosum* stark reduziert. Wodurch die Reduktion des Byssusapparats hervorgerufen wurde, läßt sich nicht mit Sicherheit sagen, doch scheint eine Änderung der Lebensweise mitgespielt zu haben. Die normalen Vertreter der Untergattung *Barbatia* (z. B. *barbata*) leben auf Felsboden und in Spalten, wo sie sich mit Byssus befestigen, während z. B. *B. velata* sich häufig an größeren Muschelschalen befestigt, die

im Sande der Flachküste liegen. Die Möglichkeiten einer Befestigung mit Byssus sind aber am Sandstrand ziemlich beschränkt, und falls nicht genügend größere Molluskenschalen oder Wurzelstöcke von Wasserpflanzen (z. B. *Poseidonia*) zur Verfügung stehen, gibt es für Muscheln nur zwei Möglichkeiten. Entweder graben sie sich in den Sand ein oder liegen flach auf dem Boden. Der erste Weg wird von Arciden wohl infolge der Verkümmernng des Fußes nicht beschritten, während der zweite von *Anomalocardium*, *Scapharca* (z. B. *japonica*) und *Parallelepipedum* eingeschlagen wurde, das vermutlich mit der schwereren linken Klappe dem Boden aufliegt.

Bisher wurden 5 fossile *Parallelepipedum*arten beschrieben, die alle aus tertiären Schichten stammen und sich in morphologischer Hinsicht den rezenten Formen anschließen. HORUSITZKY³⁶⁾ schreibt über die Lebensweise: „der schaufelartig an Breite zunehmende, schräg abgestumpfte, keilförmig entwickelte Hinterteil des Tieres scheint außerordentlich dazu geeignet zu sein, daß das Tier sich mit dem Hinterteile seines Körpers durch eine von links nach rechts gerichtete Drehbewegung in den Schlamm des Meeresgrundes einbohre.“ Diese Auffassung kann aber durch die über die Lebensweise dieser Tiere vorliegenden Angaben nicht gestützt werden. Das Bohren mit dem Hinterende voraus, ist schon durch die Lage der Siphonen unmöglich, und das Tier kann auch keine Rotation um die Längsachse ausführen, da der dazu nötige Stützpunkt fehlt.

An dieser Stelle sei noch auf die sehr eigentümliche taxodonte von BEECHER³⁷⁾ aus dem Karbon von Pennsylvanien beschriebene Muschel *Spirodomus insignis* hingewiesen. In der Schalenform erinnert sie an *Lithodomus*, nur weist sie eine starke nahezu 180° erreichende Torsion um die Längsachse auf. Die Ausbildung des Hinterendes erinnert an die kristallinische Inkrustation von *Lithodomus*. Die Arealkante ist stark ausgebildet. In welchem Zusammenhang die Schalentorsion mit der Lebensweise dieses als Bohrmuschel angesehenen Tieres steht, läßt sich derzeit nicht entscheiden.

(Die Behandlung der übrigen Bohrmuscheln und allgemeine Erörterungen folgen in einer weiteren Mitteilung.)

³⁶⁾ Über eine neue *Parallelepipedum*art aus dem Oberoligozän von Helemba (Ungarn), Földtani Közlöny, Bd. 57, 1927. (Die Arbeit enthält die Literaturangaben der bisher bekannten fossilen Arten.)

³⁷⁾ 39. Report New York State Museum, 1886 (Albany).

Name	Ca''	Mg''	CO ₃ ''	PO ₄ '''	SO ₄ ''	Kalzit	Aragonit	Organische Substanz
<i>Lithodomus lithophagus</i>	+	(+) wenig	+	+	∅	+		Algenfäden, Reste von Bryozoen
	+	∅	+	(+) sehr wenig	∅	+	einzelne Körner (+)	Zellflächen von Rotalgen, Schwammnadeln
	+	∅	+	∅	∅	+		Algenfäden, Zellflächen von Rotalgen
<i>Lithodomus appendiculatus</i>	+	∅	+	∅	∅	+		Algenfäden, Nadeln von Kieselchwämmen, braune, körnige Masse
	+	∅	+	∅	(+) wenig	+	einzelne Körner (+)	Algenfäden, Nadeln von Kieselchwämmen, braune, körnige Masse
	+	∅	+	(+) sehr wenig	∅	+		Algenfäden, Nadeln von Kieselchwämmen, braune, körnige Masse
<i>Lithodomus hanleyanus</i>	+	∅	+	∅	+	+		Algenfäden, brauner, körniger Rückstand
	+	∅	+	∅	∅	+		∅

Der mikrochemische Nachweis der einzelnen Stoffe erfolgte auf folgende Weise:

Ca⁺⁺: durch Zusatz verdünnter Schwefelsäure als Gips (Kontrolle mit 50%iger Kalilauge als $2 \text{ Ca CO}_3 + 3 \text{ K}_2 \text{ CO}_3 + 6 \text{ H}_2 \text{ O}$).

Mg⁺⁺: mit 1%iger Phosphorsalzlösung in Ammoniakatmosphäre als Magnesiumammoniumphosphat.

CO₃⁼⁼: auf Zusatz von verdünnter Säure mit Kalkwassertropfen.

PO₄⁼⁼: mit salpetersaurem Ammonmolybdat als Ammoniumphosphormolybdat.

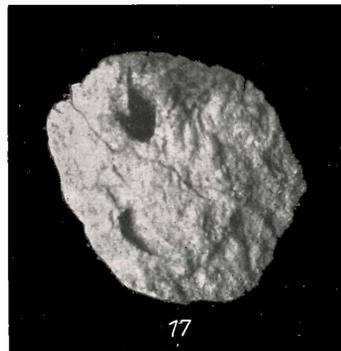
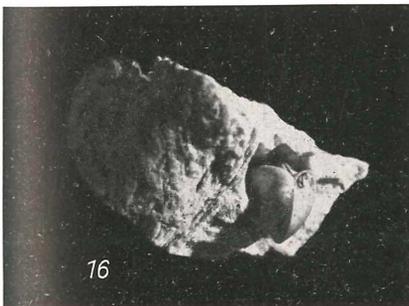
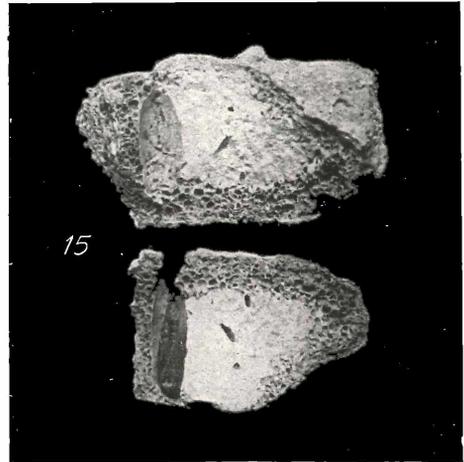
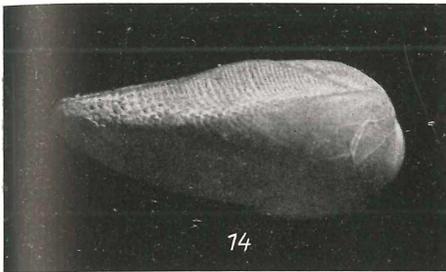
SO₄⁼⁼: durch Erwärmen mit konzentrierter Salzsäure, wodurch Ca SO₄ in Lösung geht und bei langsamem Abdunsten der Säure auskristallisiert. Um Täuschungen zu vermeiden, empfiehlt es sich, dann etwas destilliertes Wasser zuzusetzen, um wasserlösliche Substanzen zu entfernen.

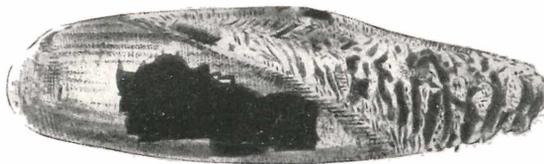
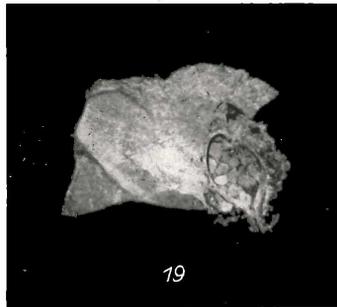
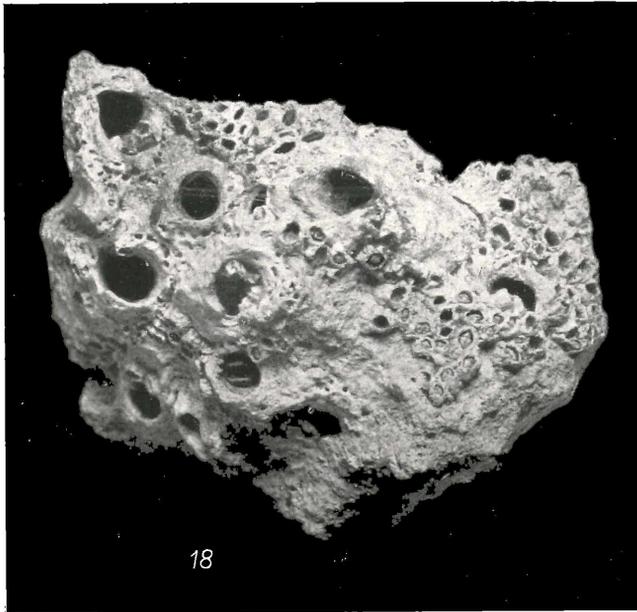
Zur Unterscheidung von Kalzit und Aragonit wurde die MEIGEN'sche Reaktion verwendet und nach kurzem Auswaschen des Kobaltnitrates Ammonsulfid zugesetzt. Geringe Aragonitmengen können auf diese Weise leicht nachgewiesen werden, da sie eine dunkle schwarzbraune Farbe annehmen, während Kalzit höchstens schwach grau wird.

Verzeichnis der wichtigsten Literatur:

- O. ABEL, 1925. Amerikafahrt. Fischer, Jena.
- F. CAILLAUD, 1850. Nouvelles observations au sujet de la perforation des pierres par les Mollusques. Journ. de Conch., T. 1, p. 363—369.
- 1854. Observations et nouveaux faits sur les Mollusques perforants en général. C. R. Ac. Sci. T. 39. p. 34—36.
- 1856. Memoire sur les Mollusques perforants. Nat. Verh. Holl. Maatsch. Haarlem (2), Deel 11.
- D. CARAZZI, 1892. La perforatione delle roche calcaree per opera dei datteri. Atti. Soc. Ligust. Sc. N. Genova, Anno 3.
- 1902. Contributo alla istologia e alla fisiologia dei Lamellibranchi. Internat. Monatschrift f. Anat. u. Phys., B. 20, S. 57—90.
- 1902. La perforatione del Lithodomus dactylus, Monit. Zool. Ital., anno 14, p. 73—75.
- W. T. CALMAN, 1919. Marine boring animals injurious to submerged structures. Brit. Mus. Nat. Hist. Economic series Nr. 10, p. 1—34.
- 1920. On marine boring animals Comitee Civil Engineers. London 1920, p. 62—78.
- J. E. CORNWALL, 1923, Rock-borers and tide pools Canad. Field. Nat. Ottawa, 37, p. 144—145.
- W. T. ELLIOT und B. LINDSAY, 1912. Remarks on some boring Mollusca 81. Rep. Meet. Brit. Ass. Adv. Sc., p. 433, London.

- P. FISCHER, 1887. Manuel de Conchyliologie et de Paléontologie conchyliologique. Paris.
- GARNER, Anatomie der Muscheln. Isis 820—831 Ref. Trans. zool. Soc., V. 2, London 1838.
- N. F. GOSH, 1924. On the anatomy of *Parallelepipedum* Klein. Proc. Zool. Soc., London, p. 1047—1052.
- F. HAAS, 1929. *Lamellibranchiata* in: Bronns Klassen und Ordnungen des Tierreiches III, Abteilung 3, 1. Lieferung.
— 1926. *Lamellibranchiata* in: Grimpe-Wagler, Tierwelt der Nord- und Ostsee. Lief. 5, IX, p. 1—96.
- A. HANCOCK, 1848. Über das Bohren von Mollusken in Felsen usw. Ann. and Mag. of Nat. Hist., Vol. II, p. 225. (Referat in Archiv für Naturgeschichte, Bd. 15.)
- C. P. HARRINGTON, 1925. Report on examination of roft and test pieces at Plymouth. Rep. Inst. Civil Engineers 5, p. 13—15.
- W. C. MC. INTOSH, 1908. On the perforations of marine animals. Zoologist, London, Ser. 4, 12.
- T. J. JEHU, 1918. Rock-boring organisms as agent in coast erosion. Edinburgh Scot. Geogr. Mag. 34, p. 1—11.
- C. A. KOFOID und R. C. MILLER, 1923. An unusual extension of rock boring molluscs in concrete on the Pacific coast. Science New York, 57, p. 383—384.
- E. LAMY, 1921. Les theories explicatives de la perforation par les mollusques lithophages et xylophages. Rev. Sci., Paris, 59, p. 423—432.
- B. LINDSAY, 1912. Some observations on boring Mollusca. London Rep. Brit. Ass., 1913 (516).
- TH. LIST, 1902. Die Mytiliden des Golfes von Neapel und der angrenzenden Meeresabschnitte. 1. Teil: Fauna und Flora des Golfes von Neapel. 27. Monographie.
- F. E. LLOYD, 1905. On the mechanism of certain Lamellibranch boring molluscs. Tr. N. York Ac., 16, p. 307—316.
- MARTINI und CHEMNITZ. Systematisches Conchylien-Kabinett:
VIII, 3a. *Lithodomus*, bearbeitet von W. DUNKER, 1882.
VIII, 3. Die Mytiliden, bearbeitet von H. KÜSTER, 1889.
VIII, 2. *Arca*, bearbeitet von KOBELT.
- P. PELSENEER, 1911. Les Lamellibranches de l'Expedition du Siboga. Ergebnisse der Siboga-Expedition, Bd. 6, 53a.
- REEVE, Conchyliologia iconica. Monograph of the genus *Lithodomus*.
- F. ROCH, 1926. Die Holzschädlinge der Meeresküsten und ihre Bekämpfung. Z. Ver. Deutsch. Ingenieure, Nr. 3, p. 89—96.
— 1927. Die Holz- und Steinschädlinge der Meeresküsten und ihre Bekämpfung. Veröffentl. Geb. Medizinalverw., 24/2, p. 207—284.
- F. ROWAN, 1920. How sea-snails burrow. Trans. Norfolk Nat. Soc. Norwich, 11, p. 84.
- F. B. SCHNEIDER, 1927. Der Baustil der Muschelschale, erklärt durch das Wachstum. Z. Morph. Ökol., Bd. 9, H. 5, p. 84.
- R. SCHWARZ, 1908. Der Stilplan der Bivalven. Morph. Jahrb., 38, p. 93—134.





11

12

13

14

15



16

17

18

19

20

21

22

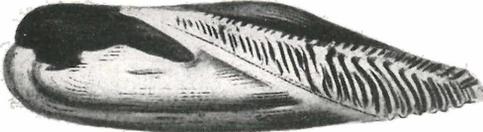
23

24

25

26

27



22



23



26



24



21



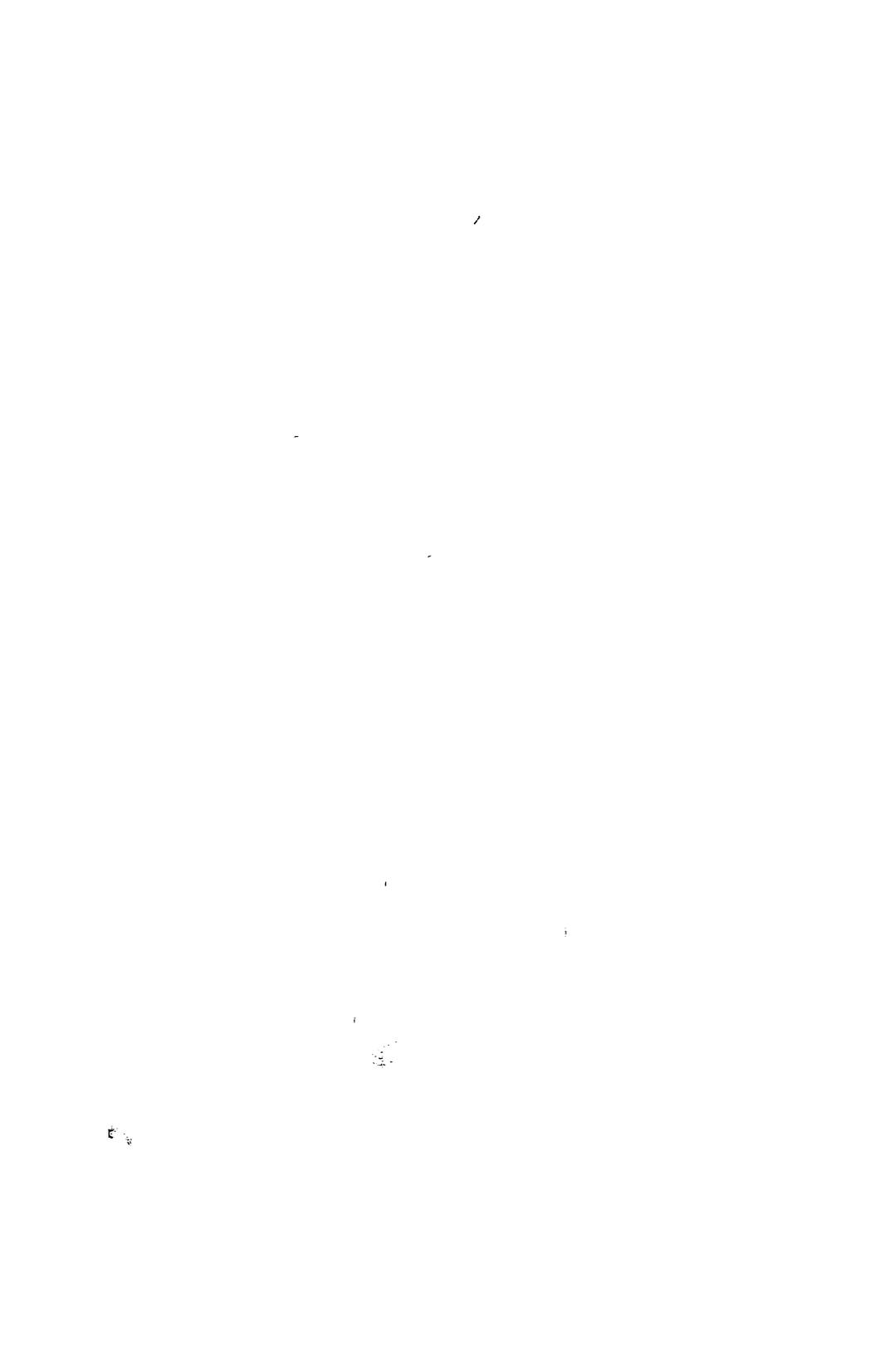
25



21



b





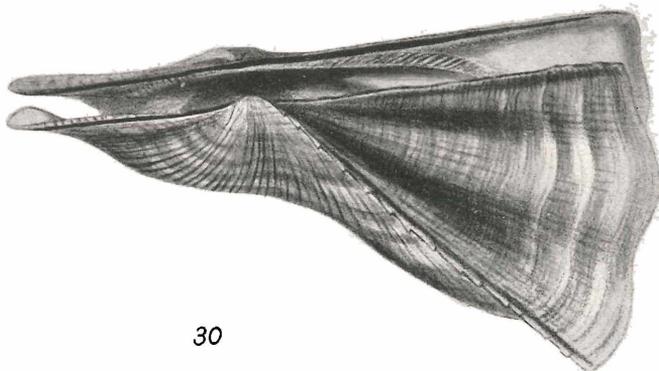
27



28



29



30



- W. TEPPNER, 1914. Die tertiären Lithodomusarten. Verlag des Naturwissenschaftlichen Vereines für Steiermark, 1914.
- THIELE, 1928. Mollusken in: KÜCKENTHAL und KRUMBACH, Handbuch der Zoologie, Bd. 5, Lief. 2, p. 182.
- F. TOBLER, 1909. Von Mytiliden bewohnte Ascophyllumblasen. Jahrb. f. wiss. Botanik, Bd. 46, p. 568—586.
- 1909. Von Mytiliden bewohnte Schwimmblasen einer Alge. Sitz.-Ber. Ges. d. Naturk., Münster 1909.

Tafelerklärung.

Tafel IV.

Fig. 1. Querschnitt durch den dorsalen Teil des Körpers im Bereiche der hinteren Manteldrüsen. (Dorsalseite nach unten gekehrt) nach List T. 19, F. 19.) HM = hintere Manteldrüse, Mi = Mittelfalte, Au = Außenfalte des Mantels, Per = Periostrakum (ungefähr 10fache natürliche Größe).

Fig. 2. *Lithodomus hanleyanus* (Rotes Meer), ungefähr natürliche Größe:

a) nur mit kristallinischer Inkrustierung;

b) mit nicht kristallinischer Inkrustierung, die die Zellen der kristallinischen ausfüllt.

Fig. 3. *Lithodomus appendiculatus*, Bucht von Cabañas, Cuba, natürliche Größe:

a) mit nicht kristallinischer Inkrustation;

b) Schale nach Entfernung der Inkrustierung mit keilförmigem Eindruck zwischen 1. und 2. Arealkante.

Fig. 4. *Lithodomus lithophagus*. Weichkörper von der Dorsalseite gesehen. Nach List T. 7, F. 3, natürliche Größe:

Br = Kiemensipho, A = Analsipho, Ap = hinterer Schließmuskel, R By p + P = Retractor byssi et pedis anterior, Hm = hintere Manteldrüse, Peri = Pericardialdrüse, Ge = Gonade, Ni = Niere, R By a = Retractor byssi anterior.

Tafel V.

Fig. 5. *Lithodomus lithophagus*, Trpanj, Pelješac, natürliche Größe:

a) 2 Stück mit schwachem Bewuchs;

b) 2 Stück mit starkem Bewuchs.

Fig. 6. 2 lebende Exemplare von *Lithodomus lithophagus* in Eprouvetten.

Die Siphonen sind etwas eingezogen und das linke Exemplar streckt den Fuß zwischen den Mantelrändern vor. Das Bild zeigt, wie weit die Schalen geöffnet werden können, ohne daß die Mantelränder klaffen. Trpanj 8, 1929 (etwas verkleinert).

Fig. 7. 2 Exemplare von *Lithodomus lithophagus* in Eprouvetten.

Siphonen mäßig ausgestreckt. An der Wand der linken Röhre vom Tier abgestoßene Byssusfäden. Das rechte Tier zeigt den „vorderen Mantelappen“ gut. Trpanj 8, 1929 (etwas verkleinert).

Tafel VI.

Fig. 8. Nummulitenkalk mit Bohrlöchern von *Lithodomus lithophagus*. Links frisch aufgeschlagene Bohrlöcher mit glatt durchschnittenen Nummuliten- und Kalkspatadern. Rechts alte, der Wirkung des Wassers längere Zeit ausgesetzte Bohrlöcher, in denen die Einschlüsse herauswittern. Trpanj, $\frac{2}{3}$ natürlicher Größe.

Fig. 9. Kalkstein mit Bohrlöchern von *Lithodomus lithophagus*. Trpanj, $\frac{2}{3}$ natürlicher Größe. Bei der Anlage des rechts liegenden Bohrloches wurde ein Kalkspatkristall durchschnitten, der als dunkler Fleck sichtbar ist. Eine stark glänzende Spaltfläche läßt seine Lage deutlich erkennen.

Tafel VII.

Fig. 10. Kalkstein mit stark ausgekleideten Bohrlöchern von *Lithodomus lithophagus*. Links oben Fenster zwischen zwei ungefähr senkrecht aufeinander angelegten Bohrlöchern. Durch die Öffnung ist die Schale sichtbar. In einem Bohrloche links unten zwei Exemplare von *Arca* sp. Mljet, St. Maria del Lago, $\frac{2}{3}$ natürlicher Größe.

Fig. 11. Kalkstein mit Bohrlöchern von *Lithodomus lithophagus*. Zwei Tiere haben das Gestein vollständig durchschnitten. Es entsteht dadurch am Vorderende eine kreisförmige Öffnung. Trpanj, $\frac{1}{4}$ natürlicher Größe.

Fig. 12. Kalkstein mit Bohrlöchern von *Lithodomus lithophagus*. Im unteren Bohrloch lichte Längsstreifen mit anhängenden Byssusstreifen sichtbar. Trpanj, natürliche Größe.

Tafel VIII.

Fig. 13. *Lithodomus lithophagus*. Capodistria, 7, 1926, natürliche Größe. Schale von einem anderen ungefähr parallel arbeitenden Exemplar angeätzt. Das ungefähr in der Mitte der Schale liegende ovale Feld zeigt deutliche Abtragung. Schalenskulptur gut sichtbar.

Fig. 14. *Lithodomus divaricatus*. Tahiti, 3fache natürliche Größe. Einschnürung an der vorderen Arealkante. Interferenz der Streifensysteme im Bereich der hinteren Arealkante, Kiel am Schloßbrand.

Fig. 15. Von Vioa stark befallener Kalkstein mit Bohrloch von *Lithodomus lithophagus*. Der Stein ist in der Mitte gespalten und auseinandergeklappt, im unteren Teil die Muschelschale. Trpanj, $\frac{2}{3}$ natürliche Größe.

Fig. 16. *Lithodomus divaricatus*, in einem Stück Korallenkalk. Tahiti, 2fach vergrößert. Die obere Kante des Bohrloches bildet einen Abdruck der etwas geöffneten Schalen.

Fig. 17. Korallenkalk mit *Lithodomus divaricatus*. Das Siphonalende zeigt zwei nach oben gerichtete Furchen. Tahiti, natürliche Größe.

Tafel IX

Fig. 18. Korallenkalk mit ausgekleideten Bohrlöchern von *Lithodomus appendiculatus*. Bucht von Cabañas, Cuba, natürliche Größe. Um die Siphonalenden bildet die Inkrustation Wälle. In einem Bohrloch unten (Mitte) ist das Hinterende einer Schale sichtbar. Rechts oben eine teilweise freigelegte Röhre.

Fig. 19. *Petricola lithophaga* von *Lithodomus lithophagus* durchschnitten. Die *Petricola* mit verkittetem Kalkgrus gefüllt. Trpanj, natürliche Größe.

Fig. 20. *Lithodomus cavernosus* mit kristallinischer, aus Querlamellen bestehender Inkrustierung hinter der Arealkante, nach Conchylien-Cabinet VIII, 3a, T. 2, F. 5.

Tafel X.

Fig. 21. *Lithodomus semigranatus*, 2 Formen, nach Conchylien-Cabinet VIII, 3a, T. 6, F. 19 und 20.

Fig. 22. *Lithodomus subula* mit federförmiger kristallinischer Inkrustierung hinter der Arealkante, nach Conchylien-Cabinet VIII, 3a, T. 5, F. 13.

Fig. 23. *Lithodomus opifex*, modiolaähnliche kleine Form, nach Conchylien-Cabinet VIII, 3a, T. 6, F. 16.

Fig. 24. *Lithodomus pessulatus* mit Querlamellen und federförmiger kristallinischer Inkrustierung, nach Conchylien-Cabinet VIII, 3a, T. 5, F. 7.

Fig. 25. *Lithodomus coarctatus*, nach Conchylien-Cabinet VIII, 3a, T. 2, F. 2, 3: a) von der Seite; b) von oben. Seitliche Verkrümmung sichtbar.

Fig. 26. *Lithodomus canaliferus* mit kristallinischer Inkrustierung, die die schiefen Furchen teilweise überdeckt, nach Conchylien-Cabinet VIII, 3a, T. 1, F. 1.

Tafel XI.

Fig. 27. *Arca lithodomus* mit abschüssigem Vorderende und stark ausgeprägter vorderer Arealkante, nach REEVE, T. XII, F. 76.

Fig. 28. Durch Aufenthalt in Lithodomuslöchern deformierte Exemplare von *Arca barbata*: a) von der Seite; von den Wirbeln zieht ein abgewetzter Streifen schief nach rückwärts; b) von unten. Byssusspalte und Kompensation der rechten Klappe; schwach S-förmige Krümmung des Unterrandes. Capodistria, 7, 1926, natürliche Größe.

Fig. 29. *Barbatia barbata*. 2 Exemplare gleicher Länge: a) vermutlich durch Aufenthalt in einem Bohrloch deformiert; b) normal. Grund II. Mediterranstufe. Miozän.

Fig. 30. *Parallelepipedum tortuosum* nach REEVE, T. XIII, F. 86.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Palaeobiologica](#)

Jahr/Year: 1930

Band/Volume: [3](#)

Autor(en)/Author(s): Kühnelt Wilhelm

Artikel/Article: [Bohrmuschelstudien. I. 53-91](#)