

## Ueber bohrende Seeigel.

Von

**Georg John.**

Hierzu Tafel XV.

Ende Juli 1886 unternahm mein Kollege, Herr Oberlehrer Dr. Heinrich Simroth, Privatdocent an der Universität Leipzig, mit Unterstützung der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin eine Reise nach Portugal und den Azoren, um die Nacktschnecken daselbst zu untersuchen. Unter mancherlei zoologischem Material, welches er dort gesammelt, befinden sich auch Seeigel, die er in Löchern von Lavaklippen der Azorensinsel San Miguel gefunden hatte. Dieses eigentümliche Auftreten, das zwar schon früher dort und anderswo beobachtet worden ist, für welches die Wissenschaft aber bisher noch keine endgültige Erklärung gefunden hat, bewog Simroth, Handstücke von dem Gestein loszuschlagen und Seeigel ihren Löchern zu entnehmen, um die Fragen, ob, wie und warum die Tiere die Löcher erzeugen, ihrer Lösung nahe zu bringen. Dabei beobachtete er, dass der Rand der Höhlungen und diese zum Teil selbst mit einer Korallinenart bedeckt waren und vermutete daher einen Zusammenhang zwischen dieser Erscheinung und dem Bohren der Seeigel. In sehr dankenswerter Weise überliess mir mein Kollege die Lösung dieser Frage. Dies die Veranlassung zur vorliegenden Arbeit.

Die Beobachtung, dass Seeigel in Felshöhlen wohnen, ist wie oben erwähnt, keineswegs neu. Neben anderen hat schon Cailliaud 1856 versucht; eine eingehende Beantwortung der Fragen, ob und wie die Seeigel bohren, zu geben, doch hat er damit noch nicht alle Zweifel gehoben. Im Folgenden soll der Versuch gemacht werden, auf Grund der einschlägigen Litteratur und selbständiger Untersuchungen die vorliegende Frage endgültig zu lösen.

Der strittige Punkt ist deswegen von besonderem wissenschaftlichen Interesse, weil es ausser den Echinoideen noch eine grosse Anzahl anderer Meeresbewohner giebt, die in meist selbsterzeugten

Höhlungen von Gestein, Sand, Holz und dergleichen hausen, und weil es sich hier immer darum handelt hat, zu wissen, ob es eine mechanische oder eine chemische Einwirkung von seiten des Tieres ist, wodurch die Wohnungen erzeugt werden.

Aus der grossen Anzahl der bohrenden Meertiere mögen hier nur die bekanntesten genannt sein. Beginnen wir mit den Coelenteraten. Da sind es Spongien (*Vioa*, *Thoosa*), welche sich in Kalk und Austernschalen von Jugend an einbohren. Nassanow<sup>1)</sup> versucht diese Thatsache durch eine mechanische und chemische Einwirkung auf den Kalk zu erklären, doch haben eigene allerdings noch nicht abgeschlossene Untersuchungen den Verfasser gelehrt, dass es sich nur um einen mechanischen Einfluss handeln kann. Aus dem Kreise der Stachelhäuter gehören ausser regulären Seeigeln *Spatangoideen*<sup>2)</sup> hierher, die sich nach Robertsons Beobachtungen mittelst ihrer Stacheln und Tentakeln tiefe Löcher in den Meeressand graben. (Siehe unten.) Bekannt als Bewohner selbsterzeugter Röhren sind die tubicolen Anneliden, denen vermutlich die Borsten zum Einbohren in Kalk, Sand und dergleichen unentbehrlich sind. Zum Beispiel sind Arten von *Sabella* von verschiedenen Zoologen<sup>3)</sup> als Bohranneliden beobachtet worden. Viele Kruster bohren sich ebenfalls sowohl in weiches als in hartes Material ein. So zernagt *Limnoria terebrans*<sup>4)</sup> Holz und Pfahlwerk, und *Alcippe lampas*<sup>5)</sup> bohrt sich in Molluskenschalen ein. F. C. Noll<sup>6)</sup> beschreibt ein Cirriped, *Kochlorine hamata*, welches in Haliotisschalen haust und dieselben wahrscheinlich mit Hilfe von Chitindornen bearbeitet, die sich am hinteren Ende des Mantelschlitzes befinden. Bekannt ist ferner die Eigentümlichkeit vieler Gasteropoden, in räuberischer Absicht Muschelchalen anzubohren und sie ihres Inhalts zu berauben. Es seien nur

<sup>1)</sup> Nassanow. Zur Biologie und Anatomie der Cliona. Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie. Bd. 89 (t. 18—19), p. 295—308.

<sup>2)</sup> Robertson. Notes on *Amphidetus cordatus*. Quarterly Journ. micr. sc. 1871, p. 25—27.

<sup>3)</sup> Quatrefages. Sur une *Sabella lithophage*. L'Institut XVI. 1848, p. 190. Grubes Ausflug nach Triest und dem Quarnero. } Citiert nach  
Wallich. Ann. and Mag. nat. hist. Vol. VIII, p. 59. } Troschels Archiv für  
Jeffreys. *ibid* v. VII, p. 254. } Naturg. 1863.

<sup>4)</sup> Coldstream. On the structure and habits of *Limnoria terebrans* etc. Edinb. new. Philos. Journ. Vol. 16. 1834, p. 316—34.

<sup>5)</sup> Hancock. Notice on the British coast of a Burrowing Barnacle belonging to a new order of the class Cirripedia (*Alcippe lampas*). Ann. of nat. hist. 2. Ser. Vol. IV. 1849, p. 305—312.

<sup>6)</sup> Noll. F. C. *Kochlorine hamata*, ein bohrendes Cirriped. Zeitschr. f. wiss. Zool. Vol. 25, p. 114.

Murex<sup>1)</sup>, Buccinum<sup>2)</sup>, Purpura<sup>3)</sup> und Fusus genannt. Gross ist auch die Anzahl der Muscheln, die sich theils in Holz, theils in Schlamm, Sand und Gesteinen dauernde Wohnröhren suchen. Von den Tubicoliden möge Gastrochaena<sup>4)</sup> Erwähnung finden, ein Tier, welches seine Höhlungen in Kalkgesteinen erzeugt, während man Lithodomus<sup>5)</sup> nicht nur in Felsen, sondern auch in anderen Muschelschalen eingegraben gefunden hat. Viele bohrende Meertiere werden den Hafen- und Uferbauten sehr gefährlich. Das gilt besonders von Saxicava<sup>6)</sup> und den Pholaden.<sup>7)</sup> Teredo führt ihrer zerstörenden Thätigkeit wegen den Namen Schiffsbohrwurm, und Pholas dactylus dringt auf noch nicht aufgeklärte Weise in Holz, Thon und Gesteine ein. Nach den einen ist die Ursache eine chemische, nach anderen bearbeiten die Tiere das Gestein mit ihren raspelartigen Schalen.

Bei den meisten der genannten Tiere scheint die Erzeugung der Höhlungen auf mechanische Weise zu geschehen, bei den wenigsten aber wissen wir, wie sich der Vorgang gestaltet. Doch ist schon aus den wenigen angeführten Beispielen zu entnehmen, dass wahrscheinlich zwei Motive es sind, welche die Tiere zum Bohren nötigen. Die einen thuen es, um Nahrung zu gewinnen, z. B. die Muriciden und Bucciniden, die anderen, um sich in dem angebohrten Material eine dauernde Wohnstätte zu schaffen, theils weil ihr ganzer Organismus

<sup>1)</sup> Möbius. Der zoologische Garten. 1886, p. 371.

<sup>2)</sup> Hancock. Note on the boring Apparatus of the Carnivorous Gasteropods and of the stone- and wood-burrowing Bivalves. Ann. of nat. hist. Vol. 15. 1845, p. 113—144.

<sup>3)</sup> Bouchard-Chantereaux schreibt über das Anbohren von Muscheln durch Purpura lapillus. Journ. de Conchyl. 27, p. 124.

<sup>4)</sup> Fischer. Journ. de Conchyl. 14. (1866), p. 321.

<sup>5)</sup> Appelius berichtet über das Bohren von Lithodomus in Melagrina margaritifera. Nachrichtenblatt der deutsch-malak. Ges. 1868, p. 19.

Caramagna. Ueber das Bohren von Lithodomus lithophagus. Bullet. Malac. Ital. III. 1876, p. 46.

<sup>6)</sup> Saxicava soll in fremden Bohrlöchern hausen. Nach anderen bohrt sie selbst.

Walker. Sur les changements produits dans la passe de Plymouth par le Saxicava rugosa. L'Institut IX, 1841, p. 350.

<sup>7)</sup> Hancock. On the boring Molluscs into Rocks and on the removal of portions of their Shells. Edinb. new Philos. Journ. Vol. 45. 1848. p. 401—404.

Aucapitaine. Observations sur la perforation des roches par les Mollusques du genre Pholas. Revue et Mag. de Zool. 2. Sér. 1851, p. 486—88.

Robertson. Notice sur la perforation des pierres par le Pholas dactylus. Journ. de Conchyl. t. 4. 1853, p. 311—15.

Caillaud. Mémoire sur les Mollusques perforants. Natuurk. Verhandlg. Maatsch. Haarlem. 2. Verz. D. 11. 2 St. 1856.

Ross. The mode by which the Pholas bore. Zoologist 1859, p. 6541—42.

(No. 1, 4 u. 6 citiert n. Tröschels Arch. f. Naturg.)

(No. 8 (Caillaud und Ross) citiert n. d. Bibliotheca zoologica von Carus und Engelmann.)

dem angepasst ist (Teredo), teils weil sich die Tiere einen Schutz gegen das brandende Meer suchen. (Echinus; siehe unten).

Verfasser wird im Folgenden bemüht sein, nachzuweisen, dass die eingangs erwähnten Seeigel ihre Wohnstätten mittelst ihres Kauapparates und sekundär mit Hilfe der Stacheln durch rotierende Bewegung erzeugen. Er hält daher die traditionell gebrauchte Bezeichnung „bohrende Seeigel“ aufrecht.

Seine Ausführungen teilt Verfasser in fünf Abschnitte. Die einschlägige Litteratur ist reproduziert in

**Abschnitt I: Historisches über Gesteinshöhlen bewohnende Seeigel.**

Die mikroskopischen Gesteins- und Algenanalysen sind behandelt in

**Abschnitt II: Die Handstücke von den Azoren und aus der Bretagne.**

Die kritische Behandlung der Litteratur sowie die eigenen Reflexionen und weitere Untersuchungen des Verfassers folgen in Abschnitt III und IV.

**Abschnitt III: Wie und warum bohren die Seeigel?**

**Abschnitt IV: Welche Beziehungen bestehen zwischen den Kalkalgen und den bohrenden Seeigeln?**

**Abschnitt V: „Übersicht über die Gesteinshöhlen bewohnenden regulären Seeigel“**

enthält eine Aufzählung aller dem Verfasser bekannt gewordenen Vorkommnisse von bohrenden Seeigeln.

## I. Historisches über Gesteinshöhlen bewohnende Seeigel.

Ein historisches Litteraturverzeichnis über bohrende Seeigel ist bereits von *P. Fischer*<sup>1)</sup> im Jahre 1864 gegeben worden. Im Folgenden soll über den Inhalt derjenigen Litteratur referiert werden, welche die zu behandelnde Frage durch Beobachtungen und neue Gesichtspunkte bereichert hat.

Bereits *Linné* und *Leske* beschreiben einen Seeigel, *Cidaris saxatilis*, und fassen unter dieser Bezeichnung mehrere Echinodermen zusammen. Der Name deutet schon an, dass die fraglichen Tiere auf Felsen lebten; vom Bohren derselben wird aber nichts berichtet. Den ersten *Echinus lividus* (Lam.) — *Strongylocentrotus lividus* (Brandt) — beschreibt Lamarck in seiner *Hist. nat. d. anim. sans vert.* Er sagt ebenfalls nichts vom Bohren der Seeigel, obwohl er

<sup>1)</sup> P. Fischer. Note sur les Perforations de l'Echinus Liv. Lam. Annales d. sc. nat. V. Sér. Zool. t. I. 1864, p. 321.

nach P. Fischers Angabe (s. o.) schon seit 1811 ein Felsstück besafs, welches von Seeigeln gebohrte Löcher enthielt. *E. T. Bennett*<sup>1)</sup> schreibt zuerst über die vorliegende Frage. Er fand nämlich auf der Oberfläche eines Felsstückes von der Küste der Grafschaft Clare in Irland eine Echinusart, deren Wohnlöcher augenscheinlich in den Stein gebohrt waren. Die Höhlungen entsprachen genau der Gestalt der Tiere; in denselben konnten sich die Tiere wohl ein wenig erheben, waren indes nur schwer daraus zu entfernen. Dabei beobachtete er, dass das angebohrte Gestein mit einer mehrere Millimeter dicken Korallinenart bedeckt war. Bennett berichtet ferner, dass ihm von Mr. Humphreys das Folgende über unsere Frage mitgeteilt worden sei: „Von der Mündung des Shannon in Irland nördlich bis zu den Inseln von Arran erstrecken sich mächtige Klippen ins Meer. Die Ränder dieser Klippen sind bei niedrigem Wasserstand betretbar, werden aber nie ganz trocken. Diese Felsränder werden von Tausenden von Echiniden bewohnt, die in dicht nebeneinander befindlichen Löchern leben, deren grösstes 3 Zoll Durchmesser hat. Die wenigen, die ausserhalb der Löcher gefunden wurden, waren tot. Alle waren von derselben Spezies.“ Bennett bemerkte, dass diese Echinusart mit dem von Lamarck beschriebenen *Echinus lividus* übereinstimme. Ferner berichtet Bennett über Seeigel, welche Rumphius in Höhlen und Löchern von Korallen der ostindischen Meere gefunden hat. Die Seeigel sind darin manchmal so gross geworden, dass es unmöglich war, sie wieder herauszuholen. Die Identität der Spezies dieser Seeigel mit den an den westlichen Küsten von Irland lebenden Arten hält Bennett wegen der geographischen Verbreitung für zweifelhaft, doch muss er die grosse Aehnlichkeit beider Arten konstatieren.

Während Bennett annimmt, dass der Seeigel seine Löcher selbst bohrt, spricht *Trevelyan*<sup>2)</sup> dem Tiere diese Eigenschaft ab. Er glaubt, dass dasselbe sich instinktiv Höhlen sucht, die ihm gerade geeignet erscheinen; so hat er selbst junge Seeigel bequem zugedeckt in verlassenen Muschelschalen gefunden. Den Boden und die Seiten der Höhlungen fand er glatt und nahm daher an, dass die Höhlen, denen er häufig in Kalkgesteinen begegnete, von dem Seeigel vertieft und geglättet worden seien. Von Interesse ist, dass auch er in vielen Fällen die von Seeigeln bewohnten Löcher mit einer Kalkalge, der gemeinen *Millepora*, ausgekleidet fand.

Im Jahre 1854 wurden von *E. Robert*<sup>3)</sup> beim Suchen nach bohrenden *Pholas dactylus* an der Küste der Bretagne auch bohrende Seeigel gefunden. Er traf solche im Sandstein der nördlichen Küste

<sup>1)</sup> E. T. Bennett. Notice on a peculiar Property of a Species of Echinus. — Transaction Linnean Society vom 21./6. 1825.

<sup>2)</sup> W. C. Trevelyan. Supposed boring powers of the Echinus lividus. 1849. Edinb. new philosoph. Journ. t. 46, p. 386 — 87.

<sup>3)</sup> V. E. Robert. Action perforante d'une espèce d'Echinoderme. 1854. Compt. rend. de l'Ac. d. P. Zool. t. 39, p. 639.

der Bai von Hury, welche ihrerseits wieder einen Teil der grossen Bai von Douarnenez bildet. Robert hält die Löcher der Seeigel für Produkte der eigenen mechanischen Thätigkeit der Tiere. Er kommt zu dieser Ansicht, weil der Boden der Löcher durch Säuren nicht angreifbar ist. Auch fand er, dass die seitlichen und unteren Stacheln der Seeigel stark abgenutzt waren. Aus letzterem Umstande schliesst er, dass der Seeigel sich seine Höhle mit den Stacheln gräbt, und zwar in dem Malse, in dem er wächst. Eine chemische Mitwirkung in Folge Absonderung einer Säure scheint ihm ausgeschlossen zu sein, da die den Rand der Höhlen bedeckenden Kalkalgen durch dieselbe nicht unbeeinträchtigt bleiben würden.

Im folgenden Jahre, 1855, hat Lory<sup>1)</sup> an der Küste von Croisic (untere Loire) in feldspat- und quarzreichem Granit bohrende Seeigel gefunden. Der meist feinkörnige, glimmerreiche Granit war zersetzt und bröcklig. Er zeigte kleine Vertiefungen, in denen das Wasser während der Ebbe zurückblieb. In den kleinen 30 bis 40 cm tiefen Becken fand Lory ein reiches Tierleben, besonders Aktinien und Seeigel. Letztere, welche in zahlreichen Familien in diesen Tümpeln vertreten waren, befanden sich in Löchern von der Form eines Fingerhutes. Die Oeffnung der Höhlungen war rund und dem Durchschnitt des Tieres entsprechend. Die Tiefe der Löcher, 6—7 cm, wurde immer grösser als die Höhe des Tieres gefunden. Die Löcher zeigten sich selten isoliert, und ihr oberster Rand befand sich immer ein wenig unter der Oberfläche des Wassers. Jedes Loch war dem Seeigel derart angepasst, und seine Stacheln waren so scharf in die Granitkörnchen hineingepresst, dass Lory zu der Ansicht kam, der Seeigel könne niemals aus seiner Höhle herauskommen. Von ungefähr ein Tausend Seeigeln hat er nur einen ausserhalb seiner Höhle beobachtet. Denselben Stachelhäuter, *Echinus lividus* (Lam.), fand er im Golf von Ajaccio wieder, hier aber nicht bohrend; höchstens suchte sich derselbe natürliche Höhlen in Felsen und dergleichen auf. Lory ist in Folge seiner Beobachtungen der Meinung, dass die Echini ihre Wohnstätten selbst erzeugen.

Obwohl der im atlantischen Ozean und der im Mittelmeer gefundene Seeigel identisch sind, *Echinus lividus* (Lam.), so wird doch von *A. Valenciennes*<sup>2)</sup> der Umstand, dass jener in Felsen bohrt, und dieser nicht, für hinreichend erachtet, jenen als eine besondere Art anzusehen. Er schlägt für das bohrende Tier den Namen *Echinus terebrans* vor.

Von *Deshayes*<sup>3)</sup> wird die Ansicht, dass die Seeigel die Löcher selbst bohren, bekämpft. Ihm sind die Höhlungen in Sandstein, Granit und Kalk nicht genügende Beweise dafür, dass die Tiere die

<sup>1)</sup> Lory, M. Ch. Observations sur les Oursins perforant le granite sur les côtes de la Bretagne. Bull. Soc. géol. d. Fr., p. 43—46. 1856, vom 5./11. 1855.

<sup>2)</sup> A. Valenciennes in Compt. rend. d. l'Ac. d. sc. d. P. 1855. t. 41. p. 755—56.

<sup>3)</sup> M. Deshayes in Bull. Soc. géol. d. Fr. v. 5. 11. 1855 p. 43—46. 1856.

Fähigkeit, diese Löcher zu bohren, besitzen. Er giebt folgende Gründe an: Erstens ist es ohne Beispiel, dass Individuen ein und derselben Art in verschiedenen Meeren verschiedene Lebensgewohnheiten haben. Zum Beispiel graben sich Spongien, Anneliden und Mollusken sowohl im Ozean als im Mittelmeere ihre Löcher. Deshayes hat den *Echinus lividus* an der ganzen Ausdehnung der Küste von Algier beobachtet und ihn niemals bohrend gefunden. Nur in natürlichen Höhlen und unter Seepflanzen suchte sich der *Echinus* zu verbergen, sobald das Wasser eine leise Bewegung verriet. Zweitens würden die Seeigel, wenn sie von der Natur zum Bohren bestimmt wären, dies immer thun; sie könnten nicht leben, ohne diese Funktion auszuführen. Drittens scheinen, sagt Deshayes, die Seeigel keine Instrumente zum Bohren zu haben. Mit den kleinen *Pedicellarien* können sie naturgemäss nicht Gesteine bearbeiten. Würden sie, wie behauptet worden ist, mit den Stacheln bohren, so müssten die Stacheln der Unterseite der Tiere entweder abgebrochen oder wenigstens abgestumpft sein. Dies bemerkt man aber nicht bei den in Löchern lebenden Seeigeln. Auch müssten die Tiere in diesem Falle eine rotierende Bewegung ausführen. Dazu brauchten sie wiederum eine an den unterliegenden Körper adhärierende Kraft; diese fehlte ihnen aber. Sonach könnten sie nur mit den Zähnen arbeiten. Die Zähne aber sind, nach Deshayes Ansicht, wohl geeignet Gesteine aufzukratzen und kleine Teilchen davon wegzunehmen; indes seien die Bewegungen der Kiefer nur schwach, und ein Seeigel müsste sein ganzes Leben dazu verwenden, um sich ein Loch zu bohren. Auch müsste er mit seinen Zähnen die ganze innere Fläche der Höhlung bearbeiten, die auf diese Weise eine wenig gleichmässige Form bekommen würde. Viertens sind die meisten der kleinen Steinhöhlen, die von Seeigeln bewohnt werden, von Kalkalgen inkrustiert. Diese Inkrustationen zeigen sich unter den Seeigeln intakt und sind dadurch nach Deshayes Zeugen dafür, dass der Seeigel die Löcher nicht gearbeitet haben kann. Schon wenn der Seeigel lange in einem Loche bliebe, würde er der Ausbreitung dieser Inkrustationen hinderlich sein.

Die eingehendsten Untersuchungen über bohrende Seeigel sind von *Cailliaud*<sup>1)</sup> gemacht worden. *Cailliaud* war anfangs der Meinung, dass die Seeigel auf chemischem Wege, durch Absonderung einer Säure, ihre Löcher erzeugen. Später überzeugte er sich vom Gegenteil. Im Jahre 1850<sup>2)</sup> fand *Cailliaud* 5 Exemplare von *Echinus miliaris* im Kalk von Le Four bei Croisic eingegraben. 1855 untersuchte er die Küste östlich von Douarnenez in der Nähe von Grabinek. Hier fand er in silurischem eisenhaltigen Sandstein Löcher, die von Seeigeln besetzt gehalten wurden und nur durch eine einfache Scheide-

<sup>1)</sup> F. Cailliaud. Observations et nouv. faits sur les Mollusques perforants en général. 1854. Compt. rend. d. l'Ac. d. Sc. d. P. Zool. t. 39, p. 34—36.

<sup>2)</sup> F. Cailliaud. Observations sur les oursins perf. de Bretagne. Revue et Mag. Zool. t. 8. 1856, p. 158—179.

wand von einander getrennt waren. Letztere war zuweilen wieder von jungen oft kaum erbsengrossen Individuen durchbohrt. Trotz scharfer Beobachtung konnte Cailliaud bei allen diesen Tieren keine Bewegung wahrnehmen. Eine Untersuchung der Löcher zeigte, dass alte Löcher inwendig fast glatt, jüngere dagegen vollständig rauh waren. Die Wirkung einer Säure auf Kalk, sagt Cailliaud, würde eine mehr oder weniger glatte Fläche sein. Die rauhen Flächen aber können nur durch den mechanischen Stoss eines Werkzeugs entstanden sein. Die mechanische Entstehung der Löcher in dem harten feinkörnigen Sandstein lässt sich leicht begreifen, wenn man das Gestein losschlägt, es aus dem Meerwasser entfernt, der Luft aussetzt und schliesslich mit einem Elfenbeinstifte bearbeitet. Staunenswert ist die genaue Anpassung des Seeigels an seine Höhle. Die häufigste und wahrscheinlich günstigste Lage des Seeigels ist die horizontale, doch hat Cailliaud auch in vertikalen Felswänden Seeigel eingebohrt gefunden. Bei einem späteren Besuche der Küste von Grabinek traf Cailliaud den Echinus auch in granitischem Gestein an.

Cailliaud wurde durch seine Beobachtungen und Untersuchungen überzeugt, dass die Seeigel ihre Löcher mechanisch und zwar mittelst ihres Kauapparates erzeugen. Der Bau des Apparates lehrte ihn, dass derselbe die mechanische Bearbeitung von Gestein gestatte. — Es mag deshalb zur leichteren Orientierung des Folgenden eine kurze Beschreibung des Apparates eingeschaltet werden. —

Der Apparat, gewöhnlich „Laterne des Aristoteles“ genannt, hat ungefähr die Gestalt eines Kegels. Er besteht entsprechend dem regulären radiären Bau des Echinus aus fünf unter sich übereinstimmenden, dreiseitigen Pyramiden gleichenden Alveolen. Jede Alveole setzt sich aus vier Teilen zusammen, zwei Hauptteilen und zwei Epiphysen. Die beiden, ein gleichschenkliges Dreieck bildenden Hauptteile sind an ihrem äusseren Rande mit einander verwachsen und werden ausserdem noch durch die an ihrem oberen Ende befindlichen bogenförmig mit einander verwachsenen Epiphysen zusammengehalten. In der Höhlung jeder Alveole ist ein langer den Schneidezähnen der Nagetiere ähnlicher Zahn an derselben Stelle angewachsen, an welcher sich die Verwachsungsnaht der Alveolenhauptteile zeigt. Der Zahn ist ein wenig gekrümmt und besteht aus zwei etwa gleichgrossen auf einander senkrecht stehenden Leisten. Die äussere mit Schmelz bedeckte und geriefte Leiste ist härter als der innere radiär gestellte Zahnteil. Der Zahn steht ein kleines Stück über die Alveole hervor und ist an seinem untern Ende zugespitzt. Wie der Zahn der Nagetiere, so wird auch der Zahn des Echinus abgenutzt und wächst von oben aus wieder nach.<sup>1)</sup> Die fünf Alveolen werden, zu einem Kegel zusammengelegt (siehe oben),

<sup>1)</sup> James Salter. On the Structure and Growth of the Tooth of Echinus. Quarterly Journ. of micr. sc. 1861. p. 216.



an ihren Dreiecksflächen durch kräftige quere Muskelfasern zusammengehalten. Oben, an der Anwachsstelle der Epiphysen, artikulieren breite radiäre Stücke, die Rotulae, welche in einer zur Kegelachse senkrechten Ebene liegen und sich in der Mitte des Apparates derart zu je zweien berühren, dass sie noch eine regelmässig fünfeckige Oeffnung frei lassen. Vom inneren Ende jeder Rotula geht ein leicht gebogener dünner Stab, der Radius, aus, welcher parallel zur Rotula verläuft und sich an seinem äussern Ende gabelt. — Die 5 Radien sind durch Quermuskeln mit einander verbunden. Ausser diesen besitzt der Apparat Muskeln, welche die Alveolen mit den Zähnen vorwärts und rückwärts bewegen. Die Protraktoren inserieren, entsprechend der interambulacralen Stellung der Alveolen, in der Interambulacralregion des Mundrandes und setzen sich an dem oberen Teile der Alveolen an. Aehnlichen Ursprung haben dünne schräge Muskeln, welche sich an den Radien ansetzen. Die Retraktoren endlich inserieren an den Aurikelbögen und setzen sich an das untere orale Ende der Alveolen an. — Kehren wir nun zu Cailliauds Ausführungen zurück.

Die fünf Zähne des Kauapparates kratzen nicht auf dem Gestein, sondern stossen darauf, denn in ersterem Falle müsste man auf dem Kalk und Sandstein Spuren eines ritzenden Werkzeuges und nicht Stiche beobachten, wie dies thatsächlich der Fall ist. Ist der Felsen resistenter, so vereinigt der Seeigel seine fünf Zähne zu einer einzigen pyramidenförmigen Spitze und arbeitet auf diese Weise mit viel grösserer Kraft. Die Zähne greifen, da sie gekrümmt sind, das Gestein nicht senkrecht, sondern mehr seitlich an. Dadurch wird jeder losgeschlagene Splitter sofort weggeworfen.

Wie der Seeigel seine abgestumpften Zähne wieder schärft, lässt sich nur vermuten. Bei geschlossenem Munde sind die fünf Zähne kegelförmig zusammengelegt und berühren sich dabei so eng, dass durch die Bewegung des Zahnapparates eine gegenseitige Reibung der Zähne und damit zugleich ein Schärfen derselben stattfinden muss.<sup>1)</sup> Es kann der Vorgang nur mechanisch sein; denn wenn das Schärfen der Zähne durch Absonderung einer Säure geschähe, dann würde auch die den Zähnen anhaftende Politur nicht vorhanden sein.

Der Umstand, dass bei manchen Seeigeln die Zähne nicht mehr selbständig beweglich sind, ist nicht von Bedeutung. Ein ausgewachsener Seeigel, welcher mit Hilfe seiner beweglichen Zähne sich eine Wohnstätte in den Felsen gebohrt hat, braucht seine Zähne nur noch zum Kauen. In Folge der geringeren Thätigkeit des Kauapparates verlieren die Tiere die Fähigkeit, die Zähne zu gebrauchen; diese verwachsen mit den Alveolen. Die Zähne sind jedoch nur leicht

<sup>1)</sup> Anmerkung. Verfasser teilt die von Cailliaud ausgesprochene Ansicht. Er hat bei einer einem Echinus entnommenen aristotelischen Laterne die Alveolen und damit zugleich die Zähne gegen einander bewegt und dadurch die vorher stumpf gemachten Zähne wieder geschärft.

angewachsen; denn als der Apparat in warmes Wasser getaucht und alsdann auf einen Tisch stark aufgestossen wurde, lösten sich mehrere Zähne los und wurden wieder beweglich.

Der Kauapparat ist, wie oben ausgeführt, durch ein kräftiges Muskelsystem mit dem Rande der oralen Schalenöffnung verbunden. Dadurch wird der ganze Apparat sowie jeder einzelne Zahn von oben nach unten in Bewegung gesetzt. Bei dieser Arbeit heftet sich das Tier mit Hilfe seiner Ambulacralfüsschen fest; nötigenfalls löst es dieselben, bewegt sich fort und heftet sie von neuem an. Um Granit zu bearbeiten stossen die zu einer Pyramide vereinigten Zähne auf die Konturen der Quarz- und Feldspatkörnchen und lockern die jene zusammenhaltenden Teile des Gesteins, von denen Feldspat und Glimmer der Zersetzung leicht zugänglich sind. Dabei nutzt der Seeigel die Zähne nur wenig ab und zerstört durch stetiges Arbeiten den Granit. Wahrscheinlich dauert die Arbeit beim Granit weniger lange als beim Kalk, da sich Granit leichter als Kalk zersetzt. Dasselbe gilt von den in Gneiss bohrenden Pholaden. Bei einem Versuche, ein von Seeigeln angefülltes Felsstück von Sandstein unter Wasser mittelst der einzelnen Zähne zu bearbeiten, widerstanden diese nicht; sie nutzten sich rasch ab. Mittelst der vereinigten Zähne aber wurde innerhalb einer Stunde ein dem Baue eines Seeigels entsprechendes Loch von 5 mm Tiefe und 40 mm Umfang erzeugt. Während sich auch hierbei die Zähne abnutzten, war das nicht der Fall beim Granit. Nach Bearbeitung der Konturen der grösseren Gemengteile war der Granit gelockert. Es scheint, dass Granit leichter als Sandstein und dieser wieder leichter als Kalk zu bearbeiten ist. Die Bearbeitung des Granits wird dadurch erleichtert, dass, wie schon oben angedeutet, das Meerwasser den Feldspat und den Glimmer mehr oder weniger zersetzt und die leichten Gemengteile wegführt, während die Quarzkörnchen die Höhle des Seeigels austapezieren.

Cailliaud beobachtete, dass Seeigel, welche in ein schon vorhandenes Loch gelangten, sich mit diesem nicht begnügten, sondern dasselbe ihrer Grösse entsprechend bearbeiteten. Löcher von grösserer Tiefe (z. B. 10 cm) rühren nach seiner Meinung nicht von einem Tiere her; er glaubt sogar, dass ganze Generationen daran gearbeitet haben.

Wie frühere Beobachter fand auch Cailliaud auf den von Seeigeln bewohnten Felsstücken von Sandstein und Granit einen Ueberzug von Kalkalgen. Fast alle Stellen, welche die Löcher trennen, sind damit bedeckt. Auf dem Grunde der Höhlen, da wo die Mundöffnung des Echinus sich befindet, ist diese Kalkalge äusserst selten. In solchen Fällen ist die Basis der sonst leeren Löcher auch noch mit anderen Fremdkörpern, z. B. Serpeln, bedeckt, und Cailliaud glaubt annehmen zu müssen, dass dieselben erst nach dem Tode des Seeigels in dessen Höhle gelangt sind.

Um die Ansicht zu widerlegen, dass die nicht bohrenden Seeigel des Mittelmeeres eine besondere Art bilden, hat auch Cailliaud zahlreiche Untersuchungen an bohrenden und nicht bohrenden Seeigeln vorgenommen und gefunden, dass der Kauapparat überall derselbe ist. Nur *Astropyga Desorii* und *Diadema Savignya* zeigen einige aber nicht principielle Unterschiede.<sup>1)</sup>

Nach diesen Ausführungen wirft Cailliaud die Frage auf: „Warum sind die Echini mit Zähnen ausgerüstet, die mit Schmelz bedeckt sind, sich abnutzen und wieder erneuert werden, wenn es nicht in der Natur unserer Tiere läge zu graben?“ „Der ganze Apparat“, fährt er fort, „würde unnütz sein, wenn er nicht jenen Zweck hätte, und die Zähne würden fest gewachsen sein, wie dies der Fall bei anderen Tieren ist, welche keine beweglichen Zähne brauchen.“

In einer zweiten Arbeit<sup>2)</sup> fügt Cailliaud vorstehenden Untersuchungen weitere Beobachtungen und Experimente hinzu. Die Frage, ob die Seeigel ihre Löcher zeitweilig verlassen oder nicht, beantwortet er auf zweierlei Art. Im April 1856 fand er unter einem ziemlich grossen Kalkblocke eine 1 cm breite Felspalte, in welche hinein zwei Seeigel in noch jungem Alter gelangt waren und sich hier ihr Wohnloch von 3,5 cm Durchmesser gebohrt hatten. Die Tiere waren also nie aus ihrer Höhlung herausgekommen. Cailliaud machte aber auch entgegengesetzte Beobachtungen. Im Oktober 1855 fand er an der granitischen Küste von La Turballe bei Croisic sehr häufig Seeigel im Gestein. Im Juni und Juli des folgenden Jahres fand er an derselben Stelle nur leere Löcher. Im darauf folgenden Oktober und November besuchte er dieselben Orte nochmals und fand viele Seeigel wieder in ihre Löcher zurückgekehrt. Die Erklärung dieser Erscheinung sucht er nicht darin, dass die Seeigel ihrer Nahrung nachgehen, wie von manchen behauptet worden ist, sondern in dem Umstande, dass die Tiere in der heissen Zeit ihre Löcher verlassen und gegen den Winter hin in dieselben wieder zurückkehren. Er fand, dass die Wasserbecken der höchsten Küstenteile von La Turballe meist sehr klein sind, so dass sie das wenige Wasser zur Zeit der Ebbe in der heissen Jahreszeit rasch verdunsten lassen. Dieser Umstand muss den Tieren schädlich sein. Sie steigen deswegen in die wasserreicheren tiefer gelegenen Becken herab und kehren im Winter in ihre alten Löcher zurück, wobei sie nicht immer die ihrer Grösse entsprechenden antreffen. Manche müssen, um in einer kleineren Höhle Platz zu haben, ihre Stacheln senkrecht stellen, manche wieder müssen dieselben horizontal ausbreiten, um den

<sup>1)</sup> Nicht nur die von Cailliaud genannten, sondern die meisten Echinoideen zeigen an ihrem Kauapparate Unterschiede, die allerdings nicht wesentliche zu nennen sind.

<sup>2)</sup> F. Cailliaud wiederholt in Rev. et. Mag. t. 9. 1857 auf p. 391—98 das in der 1. Arbeit Angeführte und fügt dem die hier reproduzierten Beobachtungen hinzu.

ganzen Raum der Höhle auszufüllen. An der Küste von Douarnenez verlassen die Seeigel ihre Löcher niemals; hier sind die Wasserbecken, welche die Löcher beherbergen, grösser, und ihr Wasser verdunstet nie vollständig.

Um ganz positive Beweise für seine Ansicht zu haben, brachte Cailliaud eine Anzahl Seeigel auf Felsen ins Meer. Das erste Mal fand er die Felsen versandet wieder vor, und ein zweites Mal hatte das Meer die meisten der Seeigel weggeschwemmt. Ein dritter Versuch war nicht glücklicher. Erst im August 1857 gelang es Cailliaud an der Küste von Grabinek in einem Untersuchungsbassin, in welches er im August 1856 zahlreiche Seeigel gebracht hatte, in den Felsen Löcher zu beobachten, die von diesen Seeigeln herrührten. Die Tiefe der Löcher betrug nur 2 mm. Das erklärt sich durch die sehr grosse Härte des Gesteins. Die meisten Seeigel hatten den Felsen nur geritzt. Gleichzeitig gelang es Cailliaud, ein 1855 begründetes Untersuchungsbassin während der Ebbe vollständig vom Wasser zu befreien. Hier hatten in den ehemals glatten Felsen ein Dutzend selbst dahin gekommener Seeigel sich einzubohren begonnen. Die Löcher waren bis 9 mm tief und hatten 4 bis 6 mm im Durchmesser. Die jährliche Arbeit betrug also etwa 3 mm.

Die Frage, ob der *Echinus lividus* des atlantischen Ozeans mit dem *E. lividus* des Mittelmeeres identisch sei, wird auch von *Marcell de Serres*<sup>1)</sup> behandelt. Serres sagt, es sei erklärlich, dass die Mittelmeerindividuen nicht bohren (s. unten), wie ja auch die Pholaden nicht immer bohren. Ein genauer Vergleich lehrte ihn, dass die fraglichen Seeigel nur Varietäten derselben Art seien. Er weist darauf hin, dass Cailliaud am Leuchtturme der Insel Planier bei Marseille den *Echinus lividus* in Höhlen gefunden habe, die von dem Tiere selbst herzurühren scheinen; manche Individuen findet man dort allerdings auch in natürlichen Vertiefungen der Kalkfelsen. Serres ist mit Cailliaud der Meinung, dass das Fehlen von Ebbe und Flut im Mittelmeere den Seeigel nicht nötigt, sich einzugraben.

Auch sucht Serres nachzuweisen, dass die Inkrustationen der Kalkalgen den Seeigel nicht am Bohren verhindern können, da an der ihrer Mundöffnung entsprechenden Stelle der Löcher die Alge sich nicht findet, also von den Tieren entfernt worden sein muss oder dort nicht gewachsen ist.

Eine Zusammenstellung der wichtigsten Litteratur über bohrende Seeigel ist, wie bereits eingangs erwähnt, von *P. Fischer*<sup>2)</sup> gegeben worden. Fischer kommt bei seinen Untersuchungen zu denselben Ergebnissen wie Cailliaud. Zwischen der Ausbreitung der Kalkalgen

<sup>1)</sup> Marcel de Serres. Sur l'action perforante de l'*Echinus lividus*. 1856. — Compt. rend. d. l'Ac. d. sc. d. P. t. 43 p. 405—6. *ibid.* t. 44 p. 72. — *Bullet. Soc. géol. d. F.* t. 14, p. 518—21. 1857.

<sup>2)</sup> P. Fischer. Note sur les Perforations de l'*Echinus lividus* Lam 1864. — *Annales d. sc. nat. V. Sér. Zool.* t. I. p. 321.

und dem Auftreten der Echinushöhlen stellt er folgende Beziehung fest: „Ueberall, wo beide zusammen auftreten, haben die Algen ein glattes Aussehen und dieselbe Färbung. Entfernt von den Löchern der Seeigel besitzen die Kalkalgen das Aussehen von Madreporen und Maeandrinen, sind gefaltet und gefurcht.“ Daraus schliesst Fischer, dass die kalkigen Inkrustationen sich in letzterem Falle auf Körper von anderer Natur abgesetzt haben als da, wo sie mit den eingebohrten Seeigeln zusammengefunden wurden.

Der Ansicht Cailliauds und Serres, dass die Seeigel nicht notwendig zu bohren brauchen, stimmt auch Fischer bei und belegt dies durch analoge Beispiele an Mollusken. *Tapes perforans* (Mont.) lebt sowohl frei an sandigen Küsten als auch auf felsigen Ufern, die sie nicht wieder verlässt. Die grossen regulären *Mytilus*individuen halten sich auf sandigem Boden auf, die kleinen unregelmässigen dagegen in Felshöhlen. *Pecten pusio* (Penn.) lebt im Mittelmeere frei, im Ozean wird sie sesshaft wie die *Auster*. An ruhigen Meeresstellen hängt sich *Patella* lose an den Boden; an bewegten Meeresstellen aber gräbt sie sich in Sand und Schlamm Löcher, die sie kaum wieder verlässt. Schliesslich macht Fischer noch auf die geologische Anwendung der Erscheinung des Bohrens aufmerksam.

Nicht bloss Felsen, sondern auch Muscheln bohren die Seeigel zuweilen an. Diese Beobachtung wurde von Hesse<sup>1)</sup> bei *Echinus lividus* und *Echinus miliaris* gemacht, welche sich beide in Austernschalen eingebohrt hatten. Von diesen losgerissen zeigten ihre zusammengelegten Zähne die erwähnte konische Gestalt. In den Zähnen selbst hielten sie noch pulverisierten Kalk. Letzteren fand Hesse auch im Magen der Tiere; gleichzeitig entdeckte er darin See gras und Reste von animalischer Nahrung. Der Umstand, dass die Seeigel die kalkigen Muschelschalen anbohren und meist in Felsen leben, die mit Kalkalgen bedeckt sind, ist für Hesse ein Beweis dafür, dass die Tiere den Kalk aufsuchen, um ihn als Nahrung zu gewinnen. Die chemischen Analysen von Austernschalen ergaben 1,2 % phosphorsauren Kalk, 98,6 % kohlen sauren Kalk und 0,5 % organische Substanzen. Die Analysen zweier Kalkalgen, *Lithothamnion coralloides* und *Lithothamnion depressum*, ergaben zwei und dreimal mehr an organischen Substanzen als die Austernschalen. *Lithothamnion coralloides* enthielt 79,9 % kohlen sauren Kalk, 1,75 % Kieselsäure, 17,02 % Wasser und 1,05 % stickstoffhaltige organische Substanzen. *Lithothamnion depressum* 75,02 % kohlen sauren Kalk, 1,09 % Kieselsäure, 21,58 % Wasser und 1,05 % organische Substanzen. Weil die Kalkalgen reicher an organischen Substanzen sind als die Austernschalen, so werden, meint Hesse, die Seeigel die ersteren den letzteren vorziehen und werden, da sie schon die Austernschalen aus Nahrungsbedürfnis aufsuchen, die mit Kalkalgen bedeckten Steine umso mehr anzubohren geneigt sein. Hesse folgert daraus ferner, dass die Tiefe

<sup>1)</sup> Hesse in *Annales d. sc. nat. V. Ser. Zool. t. VII. 1867, p. 257.*

der von Seeigeln gebohrten Löcher von der Dicke der Kalkablagerung abhängt. — Nach Hesses Beobachtungen muss der Meeresboden immer mit Wasser bedeckt sein, wenn sich Seeigel dort aufhalten sollen. — Als einen zweiten Grund des Bohrens führt auch Hesse die mehrfach erwähnte Ansicht an, dass die Tiere in ihren Höhlen Schutz vor dem bewegten Meere suchen.

Bei seinen zoologischen Forschungen auf Mauritius fand *K. Möbius*<sup>1)</sup> den *Heterocentrotus trigonarius* und den *Heterocentrotus mammillatus* in der Nähe der Aussenkante eines Dammriffes\* in runden Vertiefungen, in welchen die Tiere gegen die Brandung geschützt waren. Die Oeffnung dieser Vertiefungen war enger als ihr grösster Umfang. Die Tiere besitzen lange dreiseitige, an der Unterseite aber flache zweiseitige Stacheln. Die dreiseitigen Stacheln sind an ihrem spitzen Ende mit drei gebogenen Kanten, die zweiseitigen mit nur einer Kante versehen. In den Endkanten laufen die feinen Längsriefen der Stacheln aus; letztere sind also gezähnel. Die Stacheln werden vom Seeigel bewegt, gleiten an dem Riffkalke entlang und wirken so als Bohrer. Die Stacheln der Mundseite fangen an zu bohren, und je tiefer die Höhle wird, desto mehr dreikantige Stacheln beteiligen sich an der Arbeit. Die grössten Stacheln stehen in der Höhe des grössten Umfangs; dadurch erhält die Höhle ihre grösste Ausdehnung in der Mitte zwischen Boden und Oeffnung. Der Seeigel, der jung zu bohren angefangen hat, kann die Höhle demnach nicht wieder verlassen, kann aber auch nicht durch die Gewalt der Brandung herausgeschlagen werden. Seine Nahrung erhält er durch das hinzuströmende Wasser, welches ihm organische Substanzen zuführt. Im Darne dieser Tiere fand Möbius oft Schalen von Foraminiferen und schliesst daraus, dass dieselben wahrscheinlich zur Nahrung der Tiere gehören.

## II. Die Handstücke von den Azoren und aus der Bretagne.

Die Azoren bilden eine recente vulkanische Inselgruppe. Noch im Jahre 1444 oder 1445 ist die Westseite von San Miguel, der grössten Insel des Archipels, von einem bedeutenderen vulkanischen Ausbruche betroffen worden. Die Insel sendet mächtige Klippen ins Meer, die aus noch frischer Lava bestehen. Die Lavaklippen sind zerrissen und zerspalten und treten zuweilen in grotesken Figuren aus dem Meere hervor, so zum Beispiel an der Küste von Ponta delgada, der am Meere gelegenen Hauptstadt von San Miguel.

Die Lava der Küste von Ponta delgada ist ein hartes Gestein ( $H = 4, 5$ ), welches selbst Hammer und Meißel zähen Widerstand

<sup>1)</sup> K. Möbius. Beiträge zur Meeresfauna der Insel Mauritius u. s. w. p. 49. 1880.

leistet und nur schwierig einige Handstücke lostrennen lässt. Diejenigen Teile der Lava, die mit dem Meere in Berührung gekommen sind, zeigen die Einwirkung des Meerwassers auf das Gestein. An solchen Stellen ist es zersetzt und bröcklig. Zur Zeit der Flut stehen die Lavaklippen vollständig unter Wasser, zur Ebbezeit aber verdunstet dasselbe in Folge der Sonnenwärme. Durch derartige Vorgänge muss sich im Laufe der Zeit die Oberfläche der Lava zersetzen, ein Prozess, der durch die Porosität des Gesteins noch erleichtert wird. Der frische unebene Bruch der Lava zeigt dagegen ein noch vollständig recentes, grauschwarzes bis blauschwarzes poröses Gestein, in welchem man schon makroskopisch Feldspatkrystalle erkennen kann.

Die mikroskopische Untersuchung von Dünnschliffen lässt ein äusserst gleichmässig feinkörniges Aggregat von Plagioklas, Augit und Eisenerzen, besonders tafelförmigem Eisenglanze erkennen. Fig. I der Tafel zeigt uns einen mikroskopischen nicht vollständig vertikalen Durchschnitt durch das Gestein und die dasselbe bedeckende Alge, welche mit der Linie *abede* scharf vom Gestein abgrenzt. Die Plagioklase erscheinen meist als schmale Leisten und bilden die häufigsten Gesteinsgemengteile. Man erkennt sie bei gekreuzten Nikols sofort an der charakteristischen Zwillingsstreifung, welche sie in einem blaugrauen Lichte erscheinen lässt. Die meisten der schmalen Stäbchen, welche das Gesteinsbild wirr durchsetzen, stellen solche Plagioklaskrystalle dar. Zum grössten Teil zeigt sich der Plagioklas noch sehr frisch und nur selten etwas getrübt. Nach seiner chemischen Natur ist dieser Feldspat Labradorit. (Siehe Anmerkung unten). Die Augite treten aus der Menge der Plagioklaskrystalle durch ihre grössere Breite und ihre dunklere Färbung bei gekreuzten Nikols deutlich hervor. Eine schmutziggelblichbraune Farbe kennzeichnet sie im polarisiertem Lichte, wie uns dies zum Beispiel der grosse Augitkrystall bei *c* lehrt. Mit den den Augiten ähnlichen Hornblendekrystallen sind dieselben nicht zu verwechseln, da sie einen nur schwachen Dichroismus zeigen. Lässt man nämlich den oberen Nikol weg, und dreht man den unteren Nikol, so zeigt der Augit ganz nahe aneinanderliegende Farbentöne, während die Hornblendekrystalle in diesem Falle deutliche Farbenunterschiede aufweisen würden. Augite, welche einen zonaren Aufbau erkennen lassen, sieht man nur selten. Die meisten der Augite haben sich unter Abscheidung von braunem Eisenhydroxyd stark zersetzt. Die bald grösseren bald kleineren schwarzen Flecke von meist tafelförmiger Gestalt stellen den Eisenglanz vor, durch welchen das ganze Bild wie marmoriert erscheint. Auch der Eisenglanz beweist hie und da durch seine Braunfärbung, dass er hydratisiert ist. In mikroskopischen Höhlungen gewahrt man ferner ein strahliges zeolithisches Mineral, dessen Individuen vom Mittelpunkte aus sich radiär bis an die Wandungen der kleinen Höhlungen hin erstrecken (Unsere Figur zeigt kein Bei-

spiel davon.) Die chemische Analyse<sup>1)</sup> lehrt das Gestein als eine basaltische Lava kennen.

An allen Stellen, wo das Meer die Laven erreicht, sind dieselben nur mit wenigen Ausnahmen von Kalkalgen überzogen, welche sich in alle Risse und Spalten des Gesteins eindringen und nur selten das blosse Gestein dem Meere darbieten. Die bald mehr weissliche bald mehr rötliche Kalkalge ist von F. Hauck als *Lithothamnion polymorphum* bestimmt worden. Die Alge bildet einen knolligen sich jeder Unebenheit des Gesteins eng anschmiegenden Ueberzug über das Gestein. Auf ihrer Oberfläche zeigt sie mehr oder weniger dicht nebeneinander befindliche Poren, die entleerten Sporenbehälter der Pflanze.<sup>2)</sup>

Figur I der Tafel zeigt uns neben dem Gesteinsbild den fast vertikalen Durchschnitt durch die Alge. Alles, was oberhalb der Linie *abcde* gezeichnet ist, gehört zur Alge. Auf den ersten Blick scheint dieselbe aus wenigstens fünf verschiedenen Zellenarten zu bestehen. In Wirklichkeit besteht die Alge nur aus zwei verschiedenen Zellencomplexen, einem oberen weitmaschigen, welcher oberhalb der Linie *MNOP* gezeichnet ist, und einem unteren engmaschigen, welcher sich unterhalb dieser Linie bis zum Gestein hin erstreckt. Im oberen weitmaschigen Teil der Alge sieht man bei *AA'* eine aus polygonalen Zellen bestehende Schicht, welche nur bei *x* eine beim Schleifen des Materials entstandene Unterbrechung zeigt. Bei *B* sehen wir ein in parallele Reihen geordnetes aus rechteckigen Zellen zusammengesetztes Gewebe vor uns. Die Zellschicht *C* weist wieder ein Aggregat von Zellen auf, die bald von polygonaler, bald von unbestimmter Form sind. Die engmaschigen unterhalb der Linie *MNOP* befindliche Zellenlage erscheint bei *D* aus radiär gestellten Zellenreihen zusammengesetzt, welche wieder aus kleinen rechteckigen Zellen bestehen. Ueber und unter der Zellenlage *D* befindet sich eine noch feinzelligere Algenschicht, welche einen vielfach zerrissenen, die Einzelindividuen nicht mehr deutlich kennzeichnenden Zellen-

<sup>1)</sup> Anmerkung. G. Hartung giebt in seinem Werke „Die Azoren in ihrer äusseren Erscheinung und nach ihrer geognostischen Natur“ unter anderen die folgende im Bunsenschen Laboratorium angeführte Analyse einer Lava von Ponta Delgada an: Kieselsäure 49,0 %, Thonerde 7,4 %, Eisenoxydul 17,6 %, Kalkerde 12,7 %, Magnesia 10,1 %, Kali 1,2 % und Natron 2,0 %. Da in diesen Laven das Verhältnis der Alkalien (Kali 1,2 % + Natron 2,0 % = 3,2 %) zum Kalk wie 3,2 : 12,7, also ungefähr wie 1 : 4 ist, so entspricht der Feldspat des Gesteins etwa der Zusammensetzung des Labradorits, denn beim Labradorit übertrifft der Kalkgehalt den Gehalt an Alkalien bei weitem. Dass das gefundene Verhältnis aber auch im wesentlichen durch die chemischen Bestandtheile des Feldspats hervorgerufen wird, dafür zengt der Umstand, dass die Plagioklase den Hauptgesteinsgemengteil ausmachen.

<sup>2)</sup> Anmerkung. Unter anderem hat Simroth auf den Azoren auch *Lithophyllum cristatum* Menegh., eine weisse Kalkalge von maeandrinartigen Aussehen gefunden.



complex darstellt. Den Typus der oberen weitmaschigen Schicht sehen wir bei *B*, den Typus der unteren engmaschigen Zellenlage in den radiären Zellenreihen von *D*.<sup>1)</sup>

Verfolgen wir jetzt in unserer Figur I den Kontakt zwischen Alge und Gestein, so markiert uns die mehrfach erwähnte Linie *abcde* denselben sehr deutlich. Bei *a* tritt die zerrissenzellige Grenzschicht der Alge an die Längskante eines Plagioklases heran. Bis *b* sieht man mehrere andere Plagioklaskrystalle, welche an der Gesteinsgrenze scharf abschneiden; nirgends sieht man aber die Grenzschicht eines Krystalls uneben oder zerrissen. Von *b* bis *c* bilden hauptsächlich Eisenglanzkryställchen den Kontakt, aber immer eine deutliche Grenze markierend. Bei *c* zieht der grosse Augitkrystall eine scharfe Grenze. Von *c* bis *d* verläuft der Kontakt wie von *b* bis *c*, und die letzte Strecke *de* ähnelt wieder der ersten. Die Alge dringt nicht nur in die grossen Risse des Gesteins wie bei *bcd* ein, sondern schmiegt sich auch der kleinsten Unebenheit eng an, ohne dass man weder im gewöhnlichen noch im polarisierten Lichte eine Veränderung der Grenzschichten durch die Alge wahrnehmen könnte. Besonders schön zeigen dies die Plagioklaskrystalle, welche an ihrem äusseren, die Alge berührenden Enden so lebhaft polarisieren wie an ihrem inneren Ende. *Die von der Alge berührte Gesteinsschicht zeigt sich demnach in jeder Weise dem übrigen Gestein gleich beschaffen, so dass eine chemische Einwirkung der Alge auf das Gestein nicht stattgefunden haben kann.* — Schliesslich sei noch hervorgehoben, dass der in den Algenzellen ausgeschiedene Kalk die Alge im polarisierten Lichte buntfarbig erscheinen lässt, ein Umstand, der für die folgenden Untersuchungen des Verfassers von Wichtigkeit geworden ist.

Betrachten wir Figur II unserer Tafel, so stellt sich uns wiederum der Kontakt der Alge mit dem Gestein dar. Die Alge ist nur in ihrer unteren engmaschigen Lage *D*<sup>2)</sup> gezeichnet; die obere weit-

<sup>1)</sup> Anmerkung. Die verschiedenen Zellformen lassen sich auf dreierlei Ursachen zurückführen. Beim ersten Wachstum legt sich die Alge dem Gestein dicht an, sich allen Unebenheiten desselben anpassend, wie uns dies Fig. I bei *bcd* zeigt. Dadurch müssen notwendig die darüberliegenden Zellschichten im Wachstum beeinträchtigt werden, und es entstehen vom Typus abweichende Zellformen. Zweitens können im Gestein Risse und Sprünge entstanden sein (wofür wieder Figur I bei *bcd* ein Beispiel hat), und dadurch müssen dann auch Spannungen im Zellgewebe der ehemals noch recenten Alge im Gefolge gewesen sein. Drittens aber, und dies trifft in unserem Falle wahrscheinlich das Richtige, sind die im Durchschnitt sich verschieden darstellenden Zellformen dadurch entstanden, dass beim Schleifen der Schnitt bald senkrecht, bald unter einem Winkel zur Oberfläche der Alge geführt worden ist, ein Uebelstand, der durch die verschiedenartig gekrümmte Oberfläche der Alge hervorgerufen wird.

<sup>2)</sup> Anmerkung. Die Lage *D* zeigt hier eine den Unebenheiten des Gesteins entsprechende Verzerrung.

maschige Schicht ist weggelassen. Das Gestein zeigt die bereits beschriebenen Gemengtheile. Ausser den Zellformen von *D* bemerken wir eine von *E* bis *F* sich erstreckende und zwischen die Zellenlage *D* und das Gestein sich einschiebende wurmförmig gekrümmte Kontaktschicht *E F*, welche zufolge ihrer zelligen Struktur zur Alge gehört. Die Zellen sind allerdings vielfach nicht mehr deutlich, wie dies die Figur auch demonstriert. Betrachtet man diese Kontaktschicht im polarisierten Lichte, so bleibt sie dunkel, während die darüber befindliche Algenlage und das Gestein lebhaft polarisieren. Wir haben es also hier mit einer dritten Algenschicht zu thun, die frei von Kalk ist, da ihr die Doppelbrechung des Lichts abgeht. Auch dieser Umstand soll den weiteren Untersuchungen zu nutze kommen.

Das Tierleben auf und unter diesen näher beschriebenen die Gezeitenzone bildenden Lavafelsen von Ponta delgada ist ein sehr reiches. In Felsspalten prangt unter dem Gestein die orangerote *Actinia equina* neben bunten Seesternen. Auf den Kalkalgen bilden Sertularien und Bryozoen mehr oder weniger ausgedehnte Rasen. Letztere überziehen häufig Muschelschalen und Schneckenhäuser, besonders Patellen. Von den Gasteropoden sind es ausser *Patella* ganze Massen von Litorinen, Purpurschnecken, *Haliotis* etc., welche diese Zone zum Aufenthalt gewählt haben. Die Gephyreen sind unter anderen durch *Phascolosoma*, die Anneliden durch scharenweise auftretende Serpeln und viele freilebende vertreten. Die Serpeln schmiegen sich dem Gestein derart an, dass sie von den alles bedeckenden Kalkalgen meist vollständig inkrustiert werden. Letztere werden zuweilen von den in grossen Mengen dicht nebeneinander auftretenden Balanen verdrängt, welche dem Gestein ein pockennarbiges Ansehen geben; von dem reichen Heere frei sich tummelnder Kruster ganz abzusehen. In den ruhigeren, tieferen sandigen Stellen halten sich die Spatangen, auf den zerklüfteten Felsen der Gezeitenzone aber vornehmlich reguläre Seeigel auf. Die Seeigel, welche dem Verfasser zur Untersuchung vorlagen, waren *Arbacia pustulosa* (Gray), *Strongylocentrotus lividus* (Brandt) [syn. *Echinus lividus* (Lam.)] und *Sphaerechinus granularis* (Ag.) [syn. *Echinus brevispinosus* (Lam.)]<sup>1)</sup> Die regulären Seeigel wohnen, soweit von Simroth beobachtet werden konnte, ohne Ausnahme in Steinhöhlen von ungefähr halbkugeliger Form; dabei befinden sich die Höhlen so dicht nebeneinander, dass die Füsse der Badenden häufig von den Stacheln der Seeigel verletzt werden. Jede Höhle ist der Grösse des Tieres genau angepasst. Mit den Stacheln berühren die Tiere die Unebenheiten der Höhle derart, dass sie von der Flut nicht herausgeschlagen werden können. Nur mit Mühe kann man sie aus ihren Löchern entfernen. Die kleinsten Höhlen haben die Grösse einer Haselnuss, die grössten erreichen einen

<sup>1)</sup> Anmerkung. Von den letzteren beiden Arten hat bereits H. Drouet Exemplare auf den Azoren gefunden.

Durchmesser von 10 cm. Die Tiefe der Löcher entspricht der Höhe der Tiere; meist übertrifft sie dieselbe noch. Die Innenseite der Löcher ist bald uneben, bald durch die Inkrustationen der Kalkalgen geglättet. Zuweilen sieht man auf dem Boden der Höhlen kleine Löcher, welche die Unebenheiten der Höhle noch erhöhen und selbst den Kalküberzug durchdringen. In solchen Höhlen liegen die Seeigel meist regungslos da. Bei allen ihren Wohnlöchern entnommenen Tieren zeigten sich die Stacheln der Mundseite platt an den Körper angeedrückt. Zuweilen sind die Löcher durch Patellenschalen zugedeckt. Will man eine solche Schale entfernen, so bemerkt man, dass die Seeigel sich mit ihren Saugfüßchen daran geheftet haben und, wie es scheint, dieselbe nicht loslassen wollen. Sie suchen sich also nach den Beobachtungen des Sammelnden noch eine zweite Deckung gegen das bewegte Meer.

An einem quarz- und glimmerreichen grobkörnigen Granithandstück aus der Bretagne, demselben Material, welches Cailliaud vorlag, konnte Verfasser ganz Analoges wie an den azorischen Laven beobachten. Die bereits vertrockneten Seeigel sitzen zum Teil noch ganz fest mit ihren Stacheln in den Höhlungen. Da, wo die Tiere aus den Löchern entfernt worden sind, sieht man eine durchweg unebene halbkugelförmige Höhlung, deren Fläche von einzelnen warzenförmigen Quarzkörnern besetzt ist. Das Gestein zeigt sich vollständig zersetzt, und die Höhlen enthalten lose daliegende Partikelchen der Gesteinsgemengteile. Das ganze Gestein ist von einer Kalkalge<sup>1)</sup> bedeckt, welche nur in den Höhlungen selbst fehlt. Die makroskopische Beschreibung dieses Granits stimmt also mit der von Cailliaud gegebenen Beschreibung der von Seeigeln bewohnten bretonischen Granite überein.

Figur III unserer Tafel demonstriert einen senkrechten Durchschnitt durch den Granit und die denselben bedeckende Alge. Der Granit zeigt schon makroskopisch ein grobkörniges Aggregat von Quarz, Orthoklas, Magnesiaglimmer und Kaliglimmer. Das Mikroskop bestätigt diese Analyse. Der Quarz stellt sich (in unserer Figur z. B.  $RR'$ ) als eine wasserklare hie und da von Sprüngen durchzogene, mit Flüssigkeitseinschlüssen versehene Masse dar, welche im gewöhnlichen Lichte stark glänzt, bei gekreuzten Nikols aber lebhaft chromatisch polarisiert. Die mit parallelen Rissen versehenen Feldspate ( $a, b, c, d, e$  u. s. w. der Figur III) kennzeichnen sich durch ihre trübe, gelblichbraune Färbung als Orthoklase. Der Kaliglimmer (die Figur zeigt keinen solchen) ist viel seltener als der dunkle Magnesiaglimmer, von dem man in der dreieckigen Gestalt  $xyy'$  ein Beispiel

<sup>1)</sup> Anmerkung. Die von F. Hauck untersuchte Alge wird von diesem ebenfalls für *Lithothamnion polymorphum* gehalten

sieht. Er ist durch seine gelblichbraune Färbung und zuweilen lamellare Zusammensetzung charakterisiert. Die übrigen das Gesteinsbild ausfüllenden nicht speciell genannten Gemengteile sind Quarzpartikelchen. Accessorische Gemengteile wurden in den untersuchten Schlfen nicht beobachtet.

Die das Gestein überziehende Alge zeigt nur zwei Schichten. Die obere aus rechteckigen parallelreihig gestellten Zellen bestehende Lage sehen wir zwischen den Buchstaben *U* und *U'* und oberhalb der Linie *m n o*. Unterhalb dieser Linie und oberhalb der Grenzlinie *u v w x y z* bemerkt man eine feinzelligere Algenschicht, deren Zellindividuen aber weniger deutlich ausgeprägte Formen haben als die Zellen der oberen Lage. Beide unterscheiden sich ausserdem durch ein verschieden starkes Polarisationsvermögen. Der obere Zellcomplex polarisiert lebhafter als der untere. Man sieht dies beim raschen Drehen des oberen Nikols besonders deutlich. Der durch das rasche Drehen hervorgerufene Farbenkontrast ist bei der oberen Lage viel stärker als bei der unteren feinzelligen Kontaktschicht. Daraus folgt, dass die Kontaktschicht weniger kohlen-sauren Kalk enthält als die obere Zellenlage. Diese Erwägung steht in Einklang mit der oben bei Lithothamnion gefundenen Thatsache, dass die unterste Schicht nicht polarisiert, also kalkfrei ist.

Verfolgen wir auch in dieser Figur den Kontakt der Alge mit dem Gestein und zwar in der schon erwähnten Linie *u v w x y z*: Von *u* bis *x* bildet die Kontur einer Quarzplatte die Grenze. Ueberall schmiegt sich die Alge dem Gestein eng an, doch vermag man weder im gewöhnlichen noch im polarisierten Lichte irgend eine Veränderung der Krystallkonturen nachzuweisen, welche durch die Alge hervorgerufen sein könnte. Von *x* bis *y* bildet das genannte Magnesiaglimmerblättchen die Grenze, und von *y* bis *z* legen sich die Zellen der Pflanze dicht an die Konturen eines Orthoklases an. Auch hier ist die Färbung der Kontaktzone genau so lebhaft wie in der Mitte des Krystalls, ein chemischer Einfluss der Alge auf die Gesteinsgemengteile also ausgeschlossen. So finden wir den oben begründeten Satz, dass die Kalkalgen dem Gesteine nur mechanisch aufgelagert sind, von neuem und an anderem Material bestätigt.

### III. Wie und warum bohren die Seeigel?

Um die Fragen, *wie* und *warum* die Seeigel bohren, beantworten zu können, sollen im Folgenden die in Abschnitt I angeführten Ansichten der verschiedenen Beobachter kurz reproduziert und kritisch behandelt werden. Daran mögen sich weitere eigene Untersuchungen und schliesslich Reflexionen anreihen, die zum Teil auf den in Abschnitt II behandelten Untersuchungen und Beobachtungen fussen. — Fragen wir uns zuerst: *Wie* bohren die Seeigel?

Cailliaud war anfangs der Meinung, dass die Seeigel den von ihnen bewohnten Kalk auf chemische Weise angreifen, doch führte ihn der Umstand, dass viele Mollusken, welche eine ätzende Flüssigkeit absondern und doch nicht Gesteine anbohren, zu der Ansicht einer mechanischen Entstehung dieser Vertiefungen. Auch wäre die chemische Einwirkung einer solchen Flüssigkeit auf das Gestein nicht möglich, da sonst die die Felsen bedeckenden Kalkalgen und die Schale des Echinus selbst von derselben angegriffen werden müssten.<sup>1)</sup> Cailliaud macht ferner darauf aufmerksam, dass bei Absonderung einer Säure der die Zähne des Echinus bedeckende Schmelz verletzt werden würde. Durch chemische Einwirkung einer Säure würde der Kalk, wie schon oben bemerkt, ein weniger unebenes Aussehen erhalten, die Höhlen im Kalkgestein zeigen indes eine vollständig rauhe Beschaffenheit.<sup>2)</sup> Die Tiere bohren ausser in Kalk auch in Sandstein, Granit, Gneiss und Lava. Eine chemische Einwirkung durch eine abgesonderte Säure auf derartiges Material ist aber nicht denkbar, da die abgesonderte Flüssigkeit vom Meerwasser derart verdünnt werden würde, dass eine chemische Wirkung auf Kieselsäureverbindungen ausgeschlossen ist. Zudem hat noch niemand eine derartige Flüssigkeit bei den Seeigeln nachgewiesen.

Wahrscheinlicher ist schon die von Trevelyan<sup>3)</sup> und später von Deshayes<sup>4)</sup> ausgesprochene Ansicht, dass die Seeigel sich natürliche Höhlungen im Gesteine suchen. Ersterer begründet seine Ansicht nicht näher. Da er selbst tiefe und innen geglättete Löcher gefunden hat, so glaubt er, dass die Seeigel ihre instinktiv gefundenen Löcher vertiefen und glätten. Damit schreibt er den Tieren also doch eine aktive Beteiligung an dem Entstehen der Höhlungen zu. Auch Deshayes bestreitet, dass die von den Seeigeln bewohnten Löcher die Produkte ihrer eigenen Thätigkeit seien. Er begründet seine Ansicht durch folgende schon oben erwähnte vier Punkte. Erstens, führt er aus, haben die Individuen derselben Art im Mittelmeer nicht dieselbe Fähigkeit wie im Ozean. Dagegen haben Cailliaud und später Marcel de Serres schon den Einwurf erhoben, dass das Fehlen von Ebbe und Flut im Mittelmeer die Seeigel nicht zum Bohren nötigt. Wenn sie eines Schutzes bedürfen, suchen sie sich natürliche Höhlen auf. Indes hat Arthur Éloffe (und, wie Marcel de Serres<sup>5)</sup> schreibt, auch Cailliaud) im Mittelmeere, am Leuchtturme

1) F. Cailliaud. Observations et nouv. faits sur les Mollusques perforants en général. 1864. — Compt. rend. de l'Ac. d. Sc. d. P. Zool. t. 39. p. 34—36.  
— E. Robert. Action perforante d'une espèce de l'Echinoderme. *ibid.* p. 630.

2) F. Cailliaud. Compt. rend. d. l'Ac. d. P. Zool. t. 8. 1856.

3) W. C. Trevelyan. Supposed boring powers of the Echinus lividus. 1849.  
— Edinb. new philos. Journ. t. 46. p. 486—87.

4) M. Deshayes (Forts. von M. Ch. Lory: Observ. sur les Oursins perforant le granite sur les côtes de la Bretagne). — Bull. Soc. géol. de Fr. p. 43—46. 1856 vom 5. 11. 1855.

5) Marcel de Serres in *Bullet. Soc. géol. d. F.* t. 14. p. 518—24. 1855.

von Planier, Seeigel in ihren Löchern gefunden. (Siehe unten). Zweitens müssten nach Deshayes die Tiere, wenn sie einmal von der Natur zum Bohren bestimmt seien, das immer und überall thun. Dass sie nicht überall zu bohren brauchen, ist oben schon erörtert worden. Dass sie nicht immer bohren, richtet sich ebenfalls nach den Lebensverhältnissen der Tiere. Auch Pholaden bohren nicht immer. *Petricola ochroleuca*<sup>1)</sup> und die meisten Arten derselben Gattung sind ebenfalls bohrende Tiere. Doch wenn sie die salzigen Seen der Mittelmeerufer bewohnen, begnügen sie sich damit, in den Schlamm einzudringen, ohne sich in die Felsen einzugraben. Drittens sucht Deshayes seine Ansicht mit der Behauptung zu begründen, dass die Seeigel keine zum Bohren des Gesteins geeigneten Apparate besäßen. Diese Behauptung wird durch die in Abschnitt I berichteten Versuche und Beobachtungen Cailliauds widerlegt. Viertens müssten, schreibt Deshayes, die Inkrustationen der Kalkalgen von den bohrenden Tieren verletzt werden; diese seien aber intakt. Letzteres hat sich bei den azorischen Handstücken nicht gezeigt. Hier sind die inkrustierten Löcher an verschiedenen Stellen unterbrochen. Das oben beschriebene Handstück aus der Bretagne zeigt ebenfalls Löcher, welche die Inkrustationen nicht besitzen. Diese bedecken zumeist nur den Rand der Höhlungen. Cailliaud macht darauf aufmerksam, dass nach seinen Beobachtungen die Seeigel ihre Löcher zuweilen verlassen. Ein leeres Loch kann also von demselben oder von einem anderen Echinus bezogen werden, ohne dass dieser genötigt wird, die inzwischen gewachsene Alge zu verletzen.

Eine weitere Ansicht, dass nämlich der Seeigel seine Löcher mit den beweglichen Stacheln bohre, wird von Robert<sup>2)</sup> vertreten. Den Grund für diese Ansicht findet Robert in den stark abgenutzten seitlichen und unteren Stacheln der Tiere. Möbius<sup>3)</sup> erklärt die von Seeigeln bewohnten Löcher im Riffkalk ebenfalls als durch die bewegten Stacheln der Tiere entstanden. Die dreikantigen gezähnelten Stacheln der von ihm beobachteten *Heterocentrotus trigonarius* und *Heterocentrotus mammillatus* scheinen ihm besonders dazu geeignet zu sein. Die von den Azoren stammenden *Strongylocentrotus lividus*, *Sphaerechinus brevispinosus* und *Arbacia pustulosa* zeigten gleichfalls die unteren und seitlichen Stacheln abgestumpft.

Es ist entschieden richtig, dass die Stacheln beim Bohren beteiligt sind. Damit steht aber die zuerst von Cailliaud aufgestellte und unten näher zu erörternde Behauptung, dass der Kauapparat unsere Stachelhäuter fast ausschliesslich zum Bohren

<sup>1)</sup> Marcel de Sorres. Sur l'action perforante de l'Echinus lividus. — Compt. rend. de l'Ac. d. Sc. d. P. t. 43 p. 405—6. 1856.

<sup>2)</sup> E. Robert. Action perforante d'une espèce d'Echinoderme. Compt. rend. de l'Ac. d. Sc. d. P. t. 39 p. 639. 1854.

<sup>3)</sup> K. Möbius. Beiträge zur Meeresfauna der Insel Mauritius u. s. w. 1880. p. 49.

befähigt, nicht in Widerspruch. Denn wenn sich ein Echinus mit seinen Zähnen eine Höhlung gräbt, müssen naturgemäss die Stacheln dabei verletzt werden. Trevelyan<sup>1)</sup> hat vollständig geglättete Löcher vorgefunden. Die Glättung kann nur dadurch entstanden sein, dass das Tier seine Stacheln in die Unebenheiten der bereits vorhandenen Höhlung eingesetzt und beim Bearbeiten des Gesteins eine rotierende Bewegung ausgeführt hat. Bei der Bewegung selbst heften sich die Saugfüsschen jedenfalls an die Unterlage an, und die Stacheln greifen übereinander weg, den Körper in eine rotierende Bewegung versetzend. Dabei wird das Gestein durch die Stachelspitzen allmählig geglättet, die Stacheln aber selbst abgenutzt. Dass ein solcher Vorgang wohl möglich ist, lehrt die Beobachtung, dass die Echinoideen sich auf ihren Stacheln wie auf Stelzen fortbewegen. Eine rotierende Bewegung der Seeigel ist zwar beim Bearbeiten ihrer Wohnstätten noch nicht beobachtet worden, doch glaubt Verfasser durch folgendes kleine Experiment für seine Ansicht eine gewisse Wahrscheinlichkeit zu haben. Er bearbeitete mit den konisch zusammengelegten Zähnen einer aristotelischen Laterne eine azorische Lava derart, dass er durch Aufstossen auf das Gestein eine Vertiefung erzeugen wollte. Das Gestein gab jedoch nur wenig nach, und nach etwa 10 Minuten langer Arbeit war nur ein kleines 1½ mm tiefes Loch erzeugt worden, eine Beobachtung, die durch die verschieden-grosse Härte der Lava (4,5) und des Kalkes (3) ihre Erklärung findet. Als aber der Kieferapparat mit den konisch zusammengelegten Zähnen in rotierender Bewegung auf die Lava aufgesetzt wurde, da entstand in wenigen Augenblicken ein 3 mm tiefes Loch. Das Experiment wäre noch weiter ausgeführt worden, wenn nicht die Zähne und zugleich die dieselben umgebenden Bandambulacren dadurch abgenutzt worden wären. Wenn der Echinus die Arbeit wie beschrieben ausführt, dann geht das natürlich ganz langsam vor sich, und die abgenutzten Zähne haben Zeit, nachzuwachsen. Oben ist gesagt worden, dass man bei den in Löchern lebenden Seeigeln keine Bewegung beobachtet habe. Das ist kein Widerspruch zu dem eben Gesagten, denn wir müssen annehmen, dass die rotierende Bewegung äusserst langsam und in laugen Zwischenräumen vor sich geht.

Den Hauptanteil an der Erzeugung der Steinhöhlen hat aber, wie besonders durch Cailliaud erwiesen und oben näher ausgeführt ist, der Kauapparat. Derselbe wird von kräftigen Muskeln bewegt und vermag daher lange in Bewegung erhalten zu werden. Er besitzt Zähne, die meiselartig auf das Gestein wirken und, wenn abgenutzt, wieder erneuert werden. Die Zähne sind härter als die übrigen Skelettteile des Tieres. Den gleichharten Kalk bearbeiten die Zähne sehr langsam, weil dieser eine weniger raue Oberfläche darbietet. Sandstein, Gneiss und Granit bearbeiten sie leichter, da bei diesen

<sup>1)</sup> W. C. Trevelyan. Supposed boring powers of the Echinus lividus. Edinb. new. philos. Journ. t. 46 p. 386—87. 1849.

Gesteinen eine rauhere Oberfläche mehr Angriffspunkte aufweist. Die Laven endlich ermöglichen das Eingreifen der Zähne durch ihre Porösität. Alle diese Gesteine werden aber vom Meere gespült, und zwar in der Gezeitenzone, wo sie bald feucht bald trocken sind. Durch Einwirkung der Atmosphärien und des Meerwassers tritt verhältnismässig rasch eine Zersetzung der Gesteinsoberflächen ein. Der Seeigel hat demnach zunächst nur das bröcklig gewordene Gestein zu bearbeiten. Härterem Gestein weiss das Tier mit den kegelförmig zusammengelegten Zähnen zu begegnen, mit denen es wie mit einer scharfen Spitzhacke arbeitet. Der Bau des Kauapparates und die Beschaffenheit der Gesteine begründen demnach die Cailliaudsche Ansicht. Das alles aber wird noch durch thatsächliche Beobachtungen bestätigt. Cailliaud und Hesse haben den Echinus wirklich arbeiten sehen, und Cailliauds Versuchsbassins ergaben, dass die Seeigel, wenn auch wenig, so doch thatsächlich gebohrt haben. Zudem kann der Umstand, dass viele der von Seeigeln bewohnten Gesteinshöhlen unten weit und oben eng gefunden werden, nur dadurch seine Erklärung finden, dass die Tiere in der Jugend zu bohren angefangen und die Höhlen entsprechend ihrem Wachstum erweitert haben. — Bei allen von den Azoren stammenden Seeigeln zeigen sich die Stacheln der Mundseite ganz klein und flach gedrückt. Der Körper der Tiere kann aber bequem auf den Stacheln ruhen, ohne sie wesentlich niederzudrücken. Es erklärt sich die Kleinheit und das flache Anliegen der oralen Stacheln nur durch kräftiges Andrücken an die Unterlage, um den Kauapparat ungehindert auf dieselbe wirken lassen zu können. Verfasser hat an anderen in Alkohol präparierten nicht bohrenden Exemplaren von Echiniden derselben Gattung und Art die Beschaffenheit und Lage der Stacheln vergleichsweise untersucht und gefunden, dass die Stacheln dieser Tiere nur selten abgenutzt und nur ausnahmsweise an die Mundseite angeedrückt waren. Bei den meisten derartigen Exemplaren ragten sogar die Stacheln gleichsam einen Kranz um den Mund bildend weit hervor. Vertrocknete Exemplare zeigten allerdings öfters plattgedrückte Stacheln auf der Unterseite. Das ist indes leicht erklärlich. Bei den trocknen Exemplaren wirkt das Gewicht der Korona auf die unterseitigen Stacheln und drückt sie nieder. Bei den in Alkohol präparierten Exemplaren aber hält der Organismus noch fest zusammen. Auch wird bei solchen Exemplaren nicht wie bei vertrockneten Tieren ein einseitiger Druck auf die unteren Stacheln ausgeübt.

Einen präcisen Beweis dafür, dass es der Kauapparat ist, welcher es in erster Linie den Tieren ermöglicht, ihre Wohnungen zu erzeugen, geben die Untersuchungen des Verfassers über den Mageninhalt der Seeigel, die von Simroth meist eigenhändig ihren Wohnhöhlen entnommen worden sind. Der Darm der Tiere wurde so präpariert, dass er von der oralen bis zur analen Oeffnung intakt blieb. Beim Aufschneiden des Darmes an der Mundseite bemerkte Verfasser zunächst Gesteinspartikelchen, die auf den ersten Blick als



der Lava angehörig erkannt wurden, ferner eine grosse Menge hellgelber Körperchen, welche ei- bis kugelförmig waren und höchstens die Grösse eines Stecknadelkopfes erreichten. Sowohl die Gesteinsrestchen als die erwähnten gelblichen Körner wurden gleichzeitig im mittleren und analen Teile des Darmes gefunden, und zwar bald mehr von diesen, bald mehr von jenen. Die Gesteinspartikelchen wurden zerdrückt, in Kanadabalsam eingebettet und wie Gesteinsdünnschliffe behandelt. Das Mikroskop bestätigte ihren Charakter als Lava. Die im vorigen Abschnitt genau geschilderten Plagiokläse zeigten sich wieder in ihrer Stabform und in ihrem blaugrauen Lichte bei gekreuzten Nikols. Daneben sah man die dunklen ferritischen Massen. So gewährten diese Lavarestchen ein Bild, welches wir in grösserem Massstabe bereits in Abschnitt II genauer kennen gelernt haben. In den massenhaft vorhandenen gelblichen Körnern vermutete Verfasser Reste der die Lava bedeckenden Kalkalge. Das bestätigte sich auch. Zunächst wurden die vermutlichen Algenreste auf ihren Gehalt an kohlen saurem Kalk geprüft. Allen Teilen des Darmes wurden die fraglichen Körner entnommen und getrennt untersucht. Beim Behandeln mit Salzsäure lösten sich die Körner unter lebhafter Kohlensäureentwicklung auf. Die neutralisierte Lösung ergab dann mit Oxalsäure den bekannten weissen Niederschlag. Der Gehalt an kohlen saurem Kalk war damit konstatiert. Ferner wurden verschiedene der erwähnten gelben Partikelchen vorsichtig platt gedrückt, ebenfalls in Kanadabalsam eingebettet und mikroskopisch untersucht. Hierbei zeigte sich nun die zellige Struktur<sup>1)</sup> unseres Materials, welche wahrscheinlich durch den Kalkgehalt besonders gut erhalten wird. (Es giebt indes genug niedere Tiere, z. B. pflanzenfressende Landschnecken, welche im analen Teile ihres Darmes deutlich pflanzliche Zellenreste erkennen lassen, die nicht durch Kalk konserviert werden.) Die Form der aus den Magen der Seeigel stammenden Algenzellen ist eine verschiedene. Im wesentlichen konnte man weit- und engmaschige Formen unterscheiden. Die weitmaschigen Zellen entsprechen den bei *AA'* in Figur I unserer Tafel abgebildeten Zellen, die engmaschigen ähneln dem in der Figur zwischen *C* und *D* eingeschobenen feinmaschigen Zellencomplex. In Folge ihres Kalkgehaltes polarisieren beide Zellformen bei gekreuzten Nikols. Gleichzeitig fand Verfasser aus dem Magen desselben Tieres stammende Algenreste, welche ihrer Struktur nach den die Kontaktschicht *EF*

<sup>1)</sup> Anmerkung. Eine Verwechslung mit animalischen Gebilden ist vollständig ausgeschlossen, einmal durch den ganzen Habitus der Zellen, zweitens durch das Polarisationsvermögen derselben bei gekreuzten Nikols, ein Umstand, der von dem Gehalt an kohlen saurem Kalk abhängt. Animalisches Gewebe könnte nur beim Präparieren des Darmes von den Darmwänden des Echinus selbst losgerissen worden sein, denn animalische Nahrung würde mindestens im analen Teile des Darmes vollständig zersetzt und resorbiert sein. Ein Verletzen der Darmwände kann aber gar nicht stattgefunden haben, da die fraglichen Algenreste frei im Darne der Tiere lagen.

bildenden Zellen entsprechen und wie diese die Grenzzone bildenden Zellen bei gekreuzten Nikols dunkel blieben, also ebenfalls keinen kohlensauren Kalk enthalten können (Fig. II). Wiederholte Untersuchungen ergaben genau dieselben Resultate. Unter den Algenresten, die je einem Darm der azorischen Seeigel entnommen waren, zeigten sich also alle drei Schichten der Alge wieder: weitmaschige und engmaschige Zellenaggregate, welche polarisierten, und pflanzliche zellige Reste, die in Folge Kalkmangels bei gekreuzten Nikols dunkel blieben.

Ueberlegt man, dass sowohl Gesteinsreste als alle drei Zellschichten der Alge in demselben Magen sich befinden, so ist man zu dem Schluss berechtigt, dass in Anbetracht der oben erwähnten Beschaffenheit des Kauapparates die Tiere mittelst der Zähne ihre Höhlungen erzeugen. Sie fressen sich eben von oben durch die Alge nach dem Gestein zu durch. Der Einwand, diese Gesteins- und Zellenreste könnten zufällig durch irgend welche andere Umstände in der schon vorhandenen Höhlung losgebröckelt und dann von den Tieren gefressen worden sein, würde sich nicht halten lassen, denn die Seeigel sitzen zum grössten Teile ganz fest in ihrer Höhle von Jugend auf. Welche anderen Instrumente als die Zähne könnten also diese Arbeit leisten, da die Stacheln nur untergeordnete Bewegungen ausführen können? Die letzteren sind, wie oben gezeigt, eben nur sekundär bei der Arbeit beteiligt. Im angenehmen Falle würde das bewegte Meer die losgebröckelten Teilchen baldigst entfernen. Sitzt aber der Seeigel in der Höhle fest, so kann auch das Meerwasser diese Teilchen nicht fortführen, und wir finden sie in den Löchern als Spuren der eigenen Thätigkeit des Echinus.

---

Nach allem, was bisher über das Bohren unserer Stachelhäuter beobachtet worden ist, kann man sich den Vorgang des Bohrens etwa folgendermassen vorstellen. Der junge Seeigel, welcher von der Brandung herumgeworfen wird, sucht eine natürliche Höhlung, eine Felspalte oder dergleichen zu gewinnen, um einen Schutz gegen das bewegte Meer zu haben. Diejenigen Tiere, welche dem Anstürmen des Meeres nicht widerstehen, werden aus ihrem Versteck herausgeworfen und ihrem Schicksal überlassen; diejenigen aber, die ihren Zufluchtsort zu behaupten wissen, tragen im Kampfe ums Dasein den Sieg davon. Sie beißen sich mit ihren Zähnen fest, heften ihre Saugfüsschen an und stemmen die Stacheln in alle Vertiefungen der Unterlage ein. Auf diese Weise arbeiten sie sich in das Gestein hinein, bis eine starke Welle sie vielleicht wieder einmal herauswirft. Die begonnene Arbeit wird einem anderen Seeigel überlassen, der zufällig dahin gelangt. Hat das Tier sich so weit eingegraben, dass es von den Wellen nicht mehr herausgeworfen werden kann, so hört

es, falls es ausgewachsen ist, auf zu arbeiten. Bei der Arbeit werden die Stacheln in das Gestein eingestemmt; sie glätten, wie oben beschrieben, durch drehende Bewegung des Tieres allmählig die Höhle. Ist das Gestein widerstandsfähig, so arbeitet der Seeigel mit allen fünf konisch vereinigten Zähnen. Bieten sich ihm grössere Gesteinsgemengteile dar, so bearbeitet er die Konturen derselben und lockert das Gestein auf diese Weise. Solche Teilchen, beim Granit meist Quarzkörnchen, tapezieren dann häufig die Höhle des Tieres aus. — Oft bedecken sich die Seeigel in dieser Lage, wie bereits oben erwähnt, mit Muschelschalen oder Schneckengehäusen. Auf den Azoren fand Simroth die Seeigel oft von Patellenschalen zugedeckt, die sie mit ihren Saugfüsschen festhielten. Diese Erscheinung ist von Dohrn<sup>1)</sup> als eine Art Mimikry gedeutet worden. Dohrn hat nämlich beobachtet, dass die Seeigel unter der gewonnenen Decke sich unbemerkt an ihr Opfer heranbewegen und dasselbe dann leicht bewältigen. Wahrscheinlich trifft in unserem Falle diese Erklärung nicht das Richtige, denn die meisten der in Steinhöhlen lebenden Seeigel verlassen ihre Wohnstätten nicht, können daher auch nicht auf tierische Nahrung Jagd machen. Es scheint die von Simroth beobachtete Eigentümlichkeit daher mehr ein Schutz für die Tiere selbst zu sein.

---

An dieser Stelle mag die Thatsache Erwähnung finden, dass sich viele Herzigel in Sand eingraben, wie dies zum Beispiel am *Amphidetus cordatus* von Robertson<sup>2)</sup> beobachtet worden ist. Die Tiere leben im Meeressande in Löchern, die durch einen 15 bis 20 cm langen federkielstarken Kanal mit der Oberfläche des Sandes in Verbindung stehen. Durch den Kanal, welcher mit einer schleimigen Flüssigkeit ausgekleidet ist und zur Nahrungs- und Wasseraufnahme dient, sendet der Herzigel seine langen wurmähnlichen Saugfüsschen hinauf, welche kleine Sandpartikelchen und organische Teilchen mit in die Tiefe nehmen. Diese werden nach Robertson von den Rückenstacheln des Tieres aufgenommen — vielleicht sind hierbei auch die Pedicellarien beteiligt — und der Mundöffnung zugeführt, in welche sie durch die dieselbe umgebenden Saugfüsschen gebracht werden. Den Darm der Tiere fand Robertson mit Sandkörnern und dergleichen angefüllt, doch glaubt er, dass das aufgenommene Material wieder durch den Mund ausgebrochen wird, da er im analen Teile des Darmes dergleichen Sandpartikelchen niemals gefunden hat. Bei den den Azoren entstammenden regulären Seeigeln zeigten sich dagegen, wie oben ausgeführt, auch im analen Teile des Darmes Ge-

<sup>1)</sup> Dohrn erwähnt dies in der „Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie“. Bd. XXV. p. 471.

<sup>2)</sup> Robertson. Notes on *Amphidetus cordatus*. Quarterly Journ. micr. sc. 1871. Vol XI. p. 25.

steins- und Algenreste. Das nur zur Vervollständigung über die Frage des Bohrens der Seeigel. Ein Vergleich mit den übrigen Echinoideen lässt sich nicht führen, da die Spatangoideen keinen Kauapparat besitzen. Augenscheinlich ist, dass die Tiere sich auf eine mechanische Weise in den Sand einbohren; dabei sind ihnen, aus den Beobachtungen Robertsons zu schliessen, jedenfalls die Stacheln und die Saugfüsschen behilflich, erstere, um die grösseren Sandteilchen radial zu entfernen, und letztere, um die kleineren zurückrollenden von dem Arbeitsfelde wegzuschaffen.

Die Frage, *warum* sich die Seeigel in Gesteine einbohren, ist schon von mehreren Autoren dahin beantwortet worden, dass sich *unsere Stachelhäuter einen Schutz vor dem bewegten Meere suchen*. Dieses Schutzbedürfnis erklärt auch den Umstand, dass sich die Seeigel mit Muschelschalen, Tangen und dergleichen bedecken und dieselben gierig wiederzuerhaschen suchen, wenn man sie ihnen wegnimmt. Gegen diese Erklärung könnte eine auf den ersten Blick als Widerspruch sich hinstellende Thatsache folgenden Einwand berechtigt erscheinen lassen. Im allgemeinen bohren (siehe oben) die das Mittelmeer bewohnenden Echinusarten nicht. Doch sind von Arthur Éloffe (siehe Abschnitt I und V) auf der Insel Planier bei Marseille und von Milne-Edwards (siehe Abschnitt V) an der Küste von Algier Seeigel in ihren Löchern angetroffen worden. Marcel de Serres und Cailliaud haben das Nichtbohren der Tiere dem Fehlen von Ebbe und Flut im Mittelmeere zugeschrieben. Wie erklärt es sich aber, dass hier trotzdem bohrende Exemplare gefunden worden sind? Eine Deutung dieser Thatsache finden wir bei Betrachtung der fraglichen Küsten. Sowohl an der französischen Küste als an der Küste von Algier ist die höchste Tiefe unter 200 m. Das Mittelmeer ist dabei nicht völlig gezeitenlos, sondern hat in seinem westlichen Teile  $\frac{1}{2}$  m Flut. Eine derartige Flut kann bei den genannten seichten Küstenstellen eine Bewegung erzeugen, welche wohl geeignet ist, den Echinus umherzuwerfen und ihn zum Einbohren zu nötigen, wenn er nicht von der Natur gebotene Verstecke findet. Die Bewegung des Meeres wird an den fraglichen Stellen bei Sturm ziemlich bedeutend, besonders aber an der zerrissenen und klippenreichen Küste von Marseille, wo die durchschnittliche Meerestiefe nur 91 m beträgt.

Hesse<sup>1)</sup> führt für das Bohren der Echinoideen noch einen anderen schon oben erwähnten Grund an. Mit wenigen Ausnahmen werden die von Seeigeln bewohnten Gesteine von Kalkalgen bedeckt. Dieselben enthalten zum grössten Teile kohlen-sauren Kalk, wenig Kieselsäure

<sup>1)</sup> Hesse. Annales d. sc. nat. Zool. t. VII. p. 251. 1867.

und ungefähr 1 bis  $1\frac{1}{2}$  % stickstoffhaltige organische Substanzen. Hesse ist nun der Meinung, dass die Seeigel sich Löcher in die Gesteine bohren, um den Kalk und die organischen Substanzen der Algen als Nahrung zu gewinnen, und er behauptet, dass die Tiefe der von den Seeigeln bewohnten Löcher von der Dicke der Kalkablagerung abhängt. Er hat, wie schon oben citiert, beobachtet, dass *Echinus lividus* (Lam.) und *Echinus miliaris* (Mill.) Austernschalen anbohrten, die  $\frac{1}{2}$  % organische Substanzen enthalten. Daraus schliesst er, dass die Tiere die an die organischen Substanzen reicheren Kalkalgen um so mehr aufsuchen müssten. Letztere Auslegung ist sehr unwahrscheinlich, da den Tieren schon durch das Meer genügend organische Nahrung zugeführt wird und nicht anzunehmen ist, dass die Tiere bei einer Differenz von  $\frac{1}{2}$  % bis 1 % organischer Substanz instinktiv eine Unterscheidung zwischen Algen und Muschelschalen zu machen im stande sind. Ueberdies hat Hesse nur in einem Falle die beiden Echini Austernschalen anbohren sehen. Auch dass die Tiere, um ihr Kalkskelett zu erneuern, die Algen aufsuchen, ist nicht anzunehmen. Das Meer enthält soviel gelösten Kalk, dass dieser ihren Bedürfnissen entspricht. Wo sie sich aber durch den Kalk hindurch arbeiten müssen, wie zum Beispiel beim Bohren ihrer Löcher, da gelangt derselbe in den Magen und damit wahrscheinlich zum Teil auch in die das Kalkgerüst erzeugenden Körperteile.

#### IV. Welche Beziehung besteht zwischen den Kalkalgen und dem Bohren der Seeigel?

Der Verfasser ging, wie schon in der Einleitung berichtet, mit Simroth von der Ansicht aus, dass die Kalkalgen einen zersetzenden Einfluss auf das Gestein ausüben und so dasselbe unseren Stachelhäutern gleichsam präparieren. Im Laufe der Untersuchungen ist Verfasser aber zur gegenteiligen Ansicht gelangt, was in Abschnitt II zum Teil schon Erwähnung gefunden hat. Das Folgende soll die Frage näher ausführen.

Da mit wenigen Ausnahmen die von bohrenden Seeigeln bewohnten Gesteine mit Kalkalgen bedeckt sind, so ist es erklärlich, dass man zwischen beiden Thatsachen eine Beziehung hat finden wollen. Ausser Hesse, worüber eben diskutiert, hat auch P. Fischer<sup>1)</sup> die in Frage kommenden Kalkalgen in Beziehung zu den Gesteinshöhlen untersucht und gefunden, dass die Algen, welche sich in unmittelbarer Nähe der Löcher befanden, ein glattes Aussehen und dieselbe Färbung besaßen. Das Aussehen der entfernt von den Wohnstätten der Seeigel abgelagerten Algen war dagegen ähnlich dem von

<sup>1)</sup> P. Fischer, Note sur les Perforations de l'*Echinus Lividus* (Lam.). Annales d. sc. nat. Zool. V. Sér. t. I. 1864, p. 321.

Madreporen und Maeandrinen. Fischer schliesst daraus, dass sich die kalkigen Inkrustationen im letzteren Falle auf Körpern von anderer Natur abgesetzt haben als die die Löcher enthaltenden Unterlagen sind. Damit giebt er indes keine Erklärung der Thatsache. Es kann dies auf rein zufälligen Umständen beruhen.

Es liegt nahe, einen chemischen Einfluss der Algen auf das Gestein zu vermuten, und zwar derart, dass die Algen auf das Gestein zersetzend wirken und dasselbe so zum mechanischen Bearbeiten durch die Seeigel geeignet machen. Die Dünnschliffe (siehe Tafel Figur I bis III) der azorischen und bretonischen Gesteine, welche den Kontakt der Alge mit dem Gestein zeigen, lassen jedoch — und das ist in Abschnitt II näher bewiesen worden — nirgends einen chemischen Einfluss der Alge erkennen. Wie bereits oben bemerkt, schmiegen sich die pflanzlichen Gebilde auch mikroskopisch dem Gestein aufs engste an, bedecken jedoch eine dem übrigen Gestein vollständig gleich beschaffene Schicht. Dass ein chemischer Einfluss nicht stattgefunden haben kann, lehrt auch die noch sehr frische Beschaffenheit der Gesteinsgemengteile der Lava. Nur wo durch Risse und Sprünge das Meerwasser und die Atmosphärien auf das Gestein gewirkt haben, da ist es zersetzt, bröcklig und dadurch dem Kieferapparat der Seeigel präpariert worden. Der Granit zeigte sich allerdings zersetzt. Bekanntlich ist Granit aber schon durch die Atmosphärien leicht zur Erosion zu bringen; er erwies sich durchweg zersetzt und in diesem Sinne gleich beschaffen.

Die Kalkalgen schliessen in der Regel die Meeresflora nach der Tiefe zu ab; sie bilden die Grenze des floristischen Lebens im Meere. Sie sind jedoch durch ihren Kalkgehalt befähigt, auch in geringeren Tiefen zu existieren. An sich könnten diese Pflanzen der Lichtintensität an der Oberfläche des Meeres nicht widerstehen. Die Kalkablagerungen compensieren jedoch die Wirkung der Lichtintensität, und zwar wächst mit dieser die Menge des abgelagerten Kalkes.<sup>1)</sup> Dieser von G. Berthold begründete Satz erklärt die oben angeführte Thatsache, dass die unterste Schicht der Alge, welche dem Gestein eng anliegt, keine Doppelbrechung des Lichts zeigt, also auch keinen Kalk enthalten kann. Bis zu dieser Schicht vermag das Licht nicht vorzudringen, vermag also auch keine Kalbabsonderung zu bewirken. Auf dieselbe Weise erklärt sich die Erscheinung, dass die Kontaktschicht der den bretonischen Granit bedeckenden Kalkalgen weniger stark polarisiert als die obere weitzellige Algenschicht. Es ist bei dieser Alge ebenfalls in der untersten Lage die Kalkabscheidung aus oben angeführtem Grunde eine geringere gewesen. Vollständiger

---

<sup>1)</sup> G. Berthold, Ueber die Verteilung der Algen im Golf von Neapel. *Mitteil. d. zool. Station z. Neapel.* III. Bd. 1882.

Mangel an Kalk ist jedoch nicht zu bemerken, da die Schicht stets, wenn auch schwach polarisiert. — Dass das Auftreten der Kalkablagerungen in den Pflanzen eine Schutzvorrichtung gegen zu starke Lichtintensität ist, dafür hat Pringsheim<sup>1)</sup> den Nachweis erbracht. Einen anderen Grund dafür, dass die Kalkalgen, welche sonst nur der Tiefe angehören, auch in der Gezeitenzone vorkommen, findet Berthold darin, dass diese Pflanzen in Folge des abgeschiedenen Kalkes die Stärke der Wellenbewegung an der Oberfläche ertragen können. Die in der Bretagne, auf den Azoren und an anderen Orten in der Gezeitenzone vegetierenden Kalkalgen bilden damit einen Beleg für die Bertholdschen Ausführungen. Aus dem Angeführten folgt, dass die Kalkalgen, eben zufolge ihres Kalkgehaltes, in der Gezeitenzone existieren können und auch thatsächlich in dieser vielfach verbreitet sind. Welche Gründe die bohrenden Seeigel veranlassen, die gleiche Zone zum Aufenthalte zu wählen, wird sich schwer feststellen lassen. Wir müssen uns hier mit der Thatsache begnügen. *Somit lässt sich ein positiver Zusammenhang zwischen den Gesteine bewohnenden Echinoideen und den die Gesteine bedeckenden Kalkalgen nicht nachweisen.* Letztere sind ihrer ganzen Natur nach befähigt, die Gezeitenzone zu bewohnen. Infolgedessen kann man sie überall da antreffen, wo die Brandung die Seeigel nötigt, sich einzubohren.

## V. Uebersicht über die Gesteinshöhlen bewohnenden regulären Echinoideen.

Die folgenden Angaben sind der in Abschnitt I angegebenen Litteratur entnommen. Zweifelhafte Angaben sind mit einem ? versehen; fehlende Angaben sind durch — angedeutet. Obenan stehen die Oertlichkeiten, von denen das angebohrte Gestein unbekannt ist. Hieran schliessen sich die Gesteine in folgender Ordnung: Kreide, Riffkalk, Kalk, Sandstein, Gneiss, Granit, Lava. Die erste Rubrik führt die Gesteine, deren Beschaffenheit und Fundort an, die zweite Gattung und Art des Seeigels, die dritte die etwa auf dem Gestein vorhandenen Fremdkörper, und endlich die vierte den Beobachter.

---

<sup>1)</sup> Pringsheim, in Monatsber. d. Berl. Akad. 1881. Ann. 1, p. 524.

| Gestein, Beschaffenheit und Fundort desselben.                          | Gattung und Art des Seeigels.                        | Fremdkörper a. d. Gestein. | Beobachter.  |
|---|--|----------------------------|--|
| ? Gestein, Küste d. Grafschaft Clare in Irland (bei Kilkee)             | Echinus lividus. (Lam). ?                            | Korallineen                | Benett.  |
| ? Gestein, Mündung des Shannon bis zur Insel Arran (bei Berehaven)      | —  | —                          | Humphreys.   |
| ? Gestein, Bai von Bantry (Grafschaft Cork)                             | —  | —                          | Humphreys.   |
| ? Gestein, 1 km östlich von Santo-Domingo (Haiti)                       | Heliocidaris mexicana Agas. Diadema Turcarum (Agas.) | —                          | Aug. Sallé.  |
| ? Gestein, Neu-Holland  | —  | —                          | Kapitän King.  |
| ? Gestein, Küste v. Algier  | —  | —                          | Milne-Edwards.   |
| ? Gestein, Küste v. Kalifornien   | Strongylocentrotus purpuratus                        | —                          | ?(Quelle: A. Agassiz, Revision of Echini p. 706).        |
| ? Gestein, Bonininsel   | Colobocentrotus                                      | —                          | Stimpson (Ag. Rev. of Ech.)                              |
| ? Gestein, Panama   | Echinometra van Brunti                               | —                          | — (Ag. Rev. of Ech.)                                     |
| ? Gestein, Panama   | Cidaris Thouarsii                                    | —                          | — (Ag. Rev. of Ech.)                                     |
| ? Gestein, Florida  | Cidaris  | —                          | — (Ag. Rev. of Ech.)                                     |
| ? Gestein, Nikobaren  | —  | —                          | Frauenfeld (Verh. d. zool.-bot. Ges. Wien 1860, p. 371). |
| ? Gestein, Ilot du Four (Untere Loire)                                  | —  | —                          | Caillaud.  |
| ? Gestein, Marseille (nahe der Rhonemündung); cf. Kalk d. Insel Planier | —  | —                          | Lalande.   |
| ? Gestein, Insel Mauritius und Réunion; cf. das Folgende                | Echinus trigonarius                                  | —                          | —  |



| Gestein, Beschaffenheit und Fundort desselben.   | Gattung und Art des Seeigels.   | Fremdkörper a. d. Gestein.                         | Beobachter.                |
|--|---|--|----------------------------|
| Kreidefelsen bei Guétary (Basses-Pyrénées)   | —   | —  | Quatrefages.               |
| Aussenseite von Korallenriffen. Insel Mauritius  | Heterocentrotus trigonarius u. mammillatus                                    | —  | K. Möbius.                 |
| Korallen d. indisch. Ozeans  | —   | —  | Rumphius.                  |
| Korallen ( <i>Goniaster solida</i> )   | <i>Cidaris Savignyi</i>   | —  | Valenciennes. (?)          |
| Kalk (wo?)   | <i>Echinus lividus</i>  | Gem. <i>Millepora</i>                              | Trevelyan.                 |
| Kalk vom Plateau Le Four bei Croisic   | <i>Echinus miliaris</i>   | —  | Cailliaud.                 |
| Kalk v. der Insel Planier bei Marseille  | <i>Echinus lividus</i>  | —  | Arthur Éloffe (Cailliaud). |
| Kalk, grau, hart, sandig, a. d. kretaceischen Form. von Guétary (Basses-Pyrénées)  | Ausser von Seeigeln auch von <i>Saxicaven</i> und <i>Lithodomen</i> angebohrt | Nulliporen an den Rändern, Korallineen in der Nähe | Quatrefages.               |
| Kalk, weiss, Küste des Mittelmeeres (wo?)  | <i>Echinus lividus</i>  | Nulliporen an den Rändern, Korallineen dazwischen  | —                          |
| Kalk d. Küste von Biarritz (Basses-Pyrénées)   | —   | <i>Nullipora in-crustans</i>                       | Saemann.                   |
| Kalk von Biarritz  | —   | —  | P. Fischer.                |
| Kalk od. Sandstein, Bai von Geen-Pointe bis z. Algoabai (Kapland). Nordkst. v. Tasmanien, Bai von Port-Jackson und Bai v. North-Head (Neu-Holland) | <i>Echin. Blanchardii</i> u. <i>E. Delalandii</i>                             | —  | Jules Verreaux.            |
| Sandstein, eisenhaltig. Bai von Douarnenez a. d. Küste v. Finistère  | <i>Echinus lividus</i>  | <i>Nullipora</i>                                   | Robert (s. folgende Agb.)  |
| Sandstein, eisenh., Bai v. Douarnenez  | <i>Echinus lividus</i>  | <i>Nullipora</i>                                   | Cailliaud.                 |

| Gestein, Beschaffenheit und Fundort desselben.                | Gattung und Art des Seeigels.  | Fremdkörper a. d. Gestein.                             | Beobachter.           |
|---|--|--|-----------------------|
| Gneiss, braun, Bai v. Hury a. d. Küste v. Finistère           | —  | Nullipora  | Robert.               |
| Granit, gräulich, Bai v. La Turballe (Untere Loire). Zersetzt | Echinus lividus  | An den Rändern einige Korallineen, Röhren v. Vermilien | Lory.                 |
| Granit, grossk., Croisic Untere Loire)                        | E. lividus   | Zuweilen Nulliporen; Spirorbis u. Vermilia             | Cailland.             |
| Lava, basaltisch, a. der Oberfläche zersetzt                  | Arbacia pustulosa, Strongylocentrotus lividus, Sphaerichinus brevispinosus | Lithothamnion polymorphum, Bryozoen, Serpeln u. s. w.  | (? Drouet) (Simroth). |

Die **Resultate** der vorliegenden Arbeit sind kurzgefasst die folgenden:

*Die in den Gesteinen gefundenen und von Seeigeln bewohnten Höhlen rühren von diesen selbst her. Der Echinus erzeugt seine Wohnstätten mittelst seines Kauapparates und sekundär mit Hilfe der Stacheln durch rotierende Bewegung. Er bohrt sich solche Höhlungen, um einen Schutz gegen das brandende Meer zu haben.*

*Die Kalkalgen, welche die von Seeigeln bewohnten Gesteine bedecken, lagern sich mechanisch auf das Gestein und haben keinen Einfluss auf die chemische Beschaffenheit der Oberfläche desselben, können daher auch nicht mit dem Entstehen der Echinushöhlen in Zusammenhang gebracht werden.*

## Erklärung der Tafel XV.

---

### Figur I.

- AA'*, *B* und *C* Zellformen der oberen weitmaschigen Zellschicht der Kalkalge  
Lithothamnion polymorphum, *x* ist zerrissenes Gewebe.  
*MNOP* Grenze der beiden Algenschichten.  
*D* Typus der engmaschigen Algenschicht.  
*abcde* Grenze zwischen Alge und Gestein.

Zwischen *C* und *D* und zwischen *D* und der Gesteinsgrenze befindet sich undeutlich struiertes Gewebe der engmaschigen Algenschicht.

Die Lava zeigt stäbchenförmige Plagioklase (*b*, *d*), schwarzen Eisenglanz (*a*) und dunkle Augite (*c*).

### Figur II

zeigt nur die untere Algenschicht *D*. Zwischen dieser und der Gesteinsgrenze befindet sich die aus undeutlichen Zellen aufgebaute kalkfreie wurmähnlich gekrümmte Kontaktschicht *EF*. Gestein wie in Figur I.

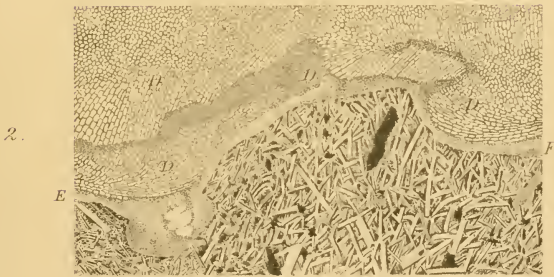
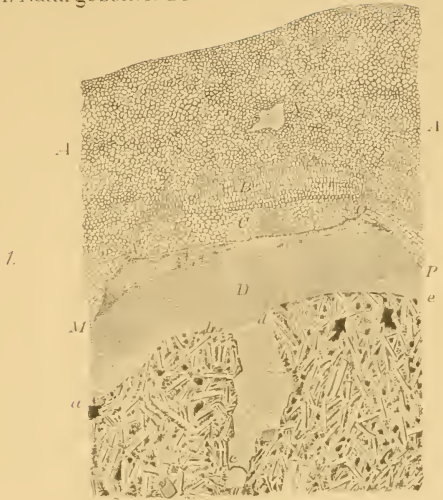
### Figur III.

- UU'* kalkhaltiges Gewebe von Lith. polym.  
*uvwxyz* Grenzschicht der Alge und des Granits.

Zwischen dieser Linie und *mno* liegt eine feinzelligere kalkärmere Algenschicht.

Das Gestein zeigt bei *RR'* einen grossen Quarzkrystall, bei *a*, *b*, *c*, *d* und *e* Orthoklase und bei *xyy'* ein Magnesiaglimmerblättchen.

---



Phoid. Je.

W. A. Meyr. del.

John, über bohrende Seeigel.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Archiv für Naturgeschichte](#)

Jahr/Year: 1889

Band/Volume: [55-1](#)

Autor(en)/Author(s): John Georg

Artikel/Article: [Ueber bohrende Seeigel. 268-302](#)