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

Über die Function der Polischen Blasen am Kauapparat der regulären Seeigel.

Von

J. von Uexküll.

Mit Tafel 21.

Bevor ich auf das eigentliche Thema der vorliegenden Arbeit eingehe, wird es mir erlaubt sein, die Frage aufzuwerfen: welche Organe sind bei den regulären Seeigeln als Polische Blasen zu bezeichnen?

Öffnen wir z. B. einen *Sphaerechinus granularis* unter Wasser, so springen uns 10 große, meist gut gefüllte Blasen in die Augen. Die 5 radial gestellten (Taf. 21 Fig. 1—4 *GB*) liegen unter den Gabelknochen (Fig. 1—4 *G*), während die 5 interradialen (Fig. 1 bis 4 *ZB*) die aufgerollten Zahnwurzeln enthalten (Fig. 1—4 *ZW*). Mit letzteren wollen wir uns zuerst beschäftigen. Es sind dieselben, die Delle Chiaje[1] auf Taf. 120 und 122 getreu abbildet und Polische Blasen nennt. Ob Valentin, der gewöhnlich als Entdecker der Polischen Blasen gilt, diese Blasen gemeint hat, weiß ich nicht, da ich seine Monographie nicht erhalten konnte.

In dem folgenden Zeitalter des Mikrotoms sind diese Blasen jedoch fast vollkommen vergessen worden. Dafür haben sich ganz andere Organe ihren Namen angemaßt. Es sind dies die bei *Sphaerechinus* sich durch schwarze Pigmentirung kundgebenden Aussackungen des Wassergefäßringes, mit denen der Blutgefäßring in Verbindung tritt (Fig. 5 *WGA*). Sie sind sehr gründlich untersucht worden und haben das Interesse der Histologen derart in Anspruch

[1] S. Delle Chiaje, Descrizione e Notomia degli Animali invertebrati della Sicilia citeriore. Napoli 1841.

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

genommen, dass die ursprünglichen Polischen Blasen nur auf den Abbildungen nach dem Leben, wenn auch in sehr reducirter Gestalt, ein kümmerliches Dasein fristen. So sehen wir sie in Bronn's Klassen und Ordnungen Taf. 37 Fig. 6 sehr verkleinert, aber unter der richtigen Bezeichnung wiedergegeben. Diese Abbildung hat den Weg durch fast alle Lehrbücher gemacht. Im Lehrbuch von Vogt & Yung sind die Blasen Delle Chiaje's fast unkenntlich gezeichnet und werden als Zahnsäcke beschrieben, die eine Bildungsflüssigkeit des Zahnes enthalten sollen. Dagegen werden die Aussackungen des Wassergefäßringes als Polische Blasen beschrieben, und es wird zugleich eine Polemik gegen die unzutreffende Bezeichnung geführt. Prouho[1] schließt sich dieser Polemik an. In Huxley's Anatomy of Invertebrata finden wir auf pag. 567 Fig. 141 ein Diagramm eines Seeigels mit langen, schmalen, aufrecht stehenden Blasen, welche die Polischen darstellen sollen. Noch ausgesprochener ist diese Phantasiegestalt unserer Blasen in Perrier's[2] Taf. 24 Fig. 9.

Auf Vayssiere's[3] Taf. 37 fehlen die echten Polischen Blasen ganz, dagegen sind die Aussackungen des Wassergefäßringes gezeichnet und Polische benannt.

Hoffmann[4], Teuscher[5], Köhler[6] und Hamann[7] ignoriren in gleicher Weise die alten Blasen vollkommen, um mit desto größerem Eifer die Histologie der fälschlich so benannten Wassergefäßaussackungen zu betreiben.

Im Gegensatz hierzu verdient eine Abbildung hervorgehoben zu werden, die Romanes & Ewart auf Taf. 80 Fig. 10 ihrer Observations on the locomotor system of Echinodermata[8] geben, und die

---

[1] H. Prouho, Recherches sur le *Dorocidaris papillata* [etc.]. in: Arch. Z. Expér. (2) Tome 5 1888 pag. 289 ff.

[2] E. Perrier, Recherches sur l'appareil circulatoire des Oursins. in: Arch. Z. Expér. Tome 4 1875 pag. 605 ff.

[3] A. Vayssière, Atlas d'anatomie comparée des Invertébrés. Paris 1890.

[4] C. K. Hoffmann, Zur Anatomie der Echinen und Spatangen. in: Niederl. Arch. Z. 1. Bd. 1871 pag. 10 ff.

[5] R. Teuscher, Beiträge zur Anatomie der Echinodermen. in: Jena. Zeit. Naturw. 10. Bd. 1876 pag. 243 ff. (Taf. 20 Fig. 6).

[6] R. Köhler, Recherches sur les Echinides des côtes de Provence. in: Ann. Mus. H. N. Marseille Tome 1 1883 mém. 3 (Taf. 3 Fig. 13).

[7] O. Hamann, Beiträge zur Histologie der Echinodermen. in: Jena. Zeit. Naturw. 21. Bd. 1887 pag. 87 ff. (Taf. 12 Fig. 3).

[8] G. J. Romanes & J. C. Ewart, Observations on the locomotor system of Echinodermata. in: Phil. Trans. Vol. 172 1881 pag. 829 ff.

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

entschieden als gut bezeichnet werden darf. Da die Autoren auf die vorliegende Frage im Text nicht eingehen, so ist sie unbeachtet geblieben.

So ist es denn endlich CUÉNOT[1] vorbehalten gewesen, näher auf das Blasensystem der Echiniden einzugehen, das er auf Taf. 28 Fig. 53, allerdings nicht fehlerfrei, im Durchschnitt darstellt und mit folgenden Worten beschreibt (pag. 390): »La membrane limitante (membrane de la lanterne VALENTIN) s'insère en bas sur l'oesophage juste au point où celui-ci sort de l'appareil masticateur, elle se moule sur ce dernier et notamment sur l'extrémité molle des dents (sacs dentaires), puis remonte en recouvrant les divers muscles masticateurs pour s'attacher circulairement au test au niveau des auricules.« Letzteres trifft, wie wir sehen werden, nicht ganz zu, doch hätte CUÉNOT mit seiner gründlichen Kenntnis der einschlägigen Verhältnisse das Quidproquo der doppelten Anwendung des Wortes Polische Blasen aufklären können. Da er es nicht gethan, so ist dasselbe auch in das vortreffliche Lehrbuch LANG's hinübergewandert, wo es zum drastischen Ausdruck gelangt. Man vergleiche das Diagramm eines Seeigels auf pag. 1010 mit der Abbildung auf pag. 1034, die aus dem SARASIN'schen[2] Werke stammt. Merkwürdiger Weise nennt LANG im Gegensatz zum Original der SARASIN's die Zahnblasen Polische Blasen. Im Diagramm sind hingegen die Aussackungen des Wassergefäßes so bezeichnet.

Ist, wie wir gesehen, schon den Polischen Blasen DELLE CHIAJE's das Schicksal nicht hold gewesen, so ist es den radial gelegenen Blasen (Fig. 1—4 *GB*) noch viel übler ergangen: sie sind von Anfang an unter den Tisch gefallen, und Niemand hat sich weiter um sie bekümmert[3]. Und doch sind sie reichlich eben so wichtig wie die anderen. Ihnen liegen nämlich die Gabeln fest verwachsen auf und zwingen sie, alle Bewegungen der Kompassmusculatur[4] mitzumachen.

---

[1] L. CUÉNOT, Etudes morphologiques sur les Echinodermes. in: Arch. Biol. Tome 11 1891 pag. 303 ff.

[2] C. F. & P. B. SARASIN, Über die Anatomie der Echinothuriden [etc.]. in: Ergeb. Nat. Forsch. Ceylon 1. Bd. 1888 pag. 83 ff.

[3] Eine Ausnahme bildet die bereits erwähnte Abbildung von ROMANES & EWART.

[4] Prof. PAUL MAYER macht mich darauf aufmerksam, dass die Bezeichnung Kompass für die Gabeln mit dem sie verbindenden fünfseitigen Muskelband zusammen einer falschen Übersetzung des französischen Compas (Zirkel) ihr Dasein verdankt. Da sie sich jedoch schon eingebürgert hat und sehr ausdrucksvoll ist, so will ich sie beibehalten.

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

Gabelblasen und Zahnblasen sind Aussackungen (Fig. 5) der Membrana limitans lanternae. Sie öffnen sich unmittelbar unter der äußeren Umrandung der Kompassmuskeln (Fig. 5 *KM*) in den ringförmigen Hohlraum, der zwischen diesen Muskeln und der Laterne liegt. Von hier aus setzt sich der Hohlraum, indem er den Ösophagus umfasst, zwischen den Pyramiden in die Tiefe bis an die Innenseite der Ösophaguspapillen (Fig. 5 *Oe.Pp*) fort. Nach außen zu schließen die Gabelblasen unter den Rotulae (Fig. 5 *R*) blind ab und lassen den ganzen radialen Sector der Mundhaut frei, während die Zahnblasen im Bogen um den äußeren Rand der Pyramiden herum gehen und einerseits durch den Hohlraum der Pyramiden mit dem Ösophagealraum in offener Communication bleiben, andererseits unter den Protractoren (Fig. 3—5 *Pr*) bis zu den Kiemenöffnungen (Fig. 5 *K*) führen, um dergestalt den ganzen Interradialsector der Mundhaut auszufüllen.

Über die Function all dieser Blasen finde ich selbst bei Cuénot nur dunkle Andeutungen. So will ich denn im Folgenden die Anhaltspunkte aufsuchen, die uns als Richtschnur für das Verständnis dieser Organe dienen können.

Die erste Aufgabe wird es sein, uns über die Druckverhältnisse im Seeigelkörper aufzuklären, um zu sehen, was wir von dieser Seite aus zu erwarten haben.

Die allgemeinen Verhältnisse sind kurz folgende. Innerhalb der Kalkschale befindet sich ein geschlossener Raum, die Leibeshöhle, die denselben Druck hat wie das umgebende Wasser, wovon man sich leicht überzeugen kann, wenn man ein Glasrohr in den After mit gleichzeitiger Zerstörung des Darmes einführt. Die Druckänderungen in der Leibeshöhle gegenüber dem Außenwasser bei der Nahrungsaufnahme oder bei verticaler Ortsveränderung können mit Leichtigkeit durch den Darm ausgeglichen werden, der als ein nachgiebiges, jederseits offenes Rohr die Leibeshöhle durchzieht.

In der That sieht man bei einem Thier, das nach Herausnahme aus dem Wasser viel Flüssigkeit aus dem Darm verloren hat, bei Wiedereinsetzen in gefärbtes Seewasser den Ösophagus, der stark elastisch ist, bis hoch hinauf gefärbt.

Auch habe ich bei *Arbacia pustulosa*, die mit einer 2 cm hohen Wasserschicht überdeckt war, an der Oberfläche einen deutlichen Strudel beobachtet, während der After sich öffnete und die Mundmembran kräftig eingezogen wurde. Bei *Sphaerechinus* habe ich durch leichten Druck auf die Zähne den After sich öffnen sehen, so

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

dass hier das Curiosum vorzuliegen scheint, dass mit Hilfe der Mundmembran die Excrete hinausbefördert werden.

Dies beweist unzweideutig, dass die Druckänderungen in der Leibeshöhle ganz selbständig regulirt werden und nicht eines complicirten Blasensystems bedürfen. Im Gegentheil werden die bei Verschiebung des ganzen Laternensystems in der Leibeshöhle hervorgerufenen Druckschwankungen nicht durch dieses, sondern durch den Darm ausgeglichen.

Wir wenden uns, nachdem dieser Erklärungsversuch fehlgeschlagen, zu den Druckverhältnissen innerhalb der Blasen selbst. Die Membrana limitans mit all ihren Aussackungen bildet, wie jede Injection zeigt und Cuénot es beschreibt, eine vollkommen geschlossene Blase. Sie ist immer vorgewölbt, weil sie am normalen Thier stets unter Druck steht. Schneidet man eine Zahnblase an, so schießt ihre röthliche Binnenflüssigkeit im Strahl in das umgebende Wasser.

Dieser erhöhte Druck wird hervorgerufen und regulirt durch den Kompassapparat, die Mundhaut, die Kiemen und die Kiemenöffnungen. Wenn die dünnen Gabelmuskeln, deren muskulöse Eigenschaften durch directe elektrische Reizung bewiesen werden können, sich contrahiren, so presst die fünfseitige Kompassmembran auf den inneren Hohlraum, und gleichzeitig drücken die Gabeln in ausgiebiger Weise auf die unter ihnen liegenden Gabelblasen. Contrahirt sich dagegen die Kompassmembran, wobei sie sich mit den Gabeln kelchförmig aufrichtet, so wird der Binnenraum vergrößert, und der Druck muss sinken. Das Gleiche kann durch Hervorstülpen und Wieder-Einziehen der Mundmembran geleistet werden. Dazu kommt, dass auch die Zahnblasen selbst eine geringe Contractilität besitzen, die im selben Sinne wirkt.

All diese Bewegungen würden bei der Incompressibilität des Wassers Null werden, wenn sich nicht Organe außerhalb des Blasensystems befänden, die zeitweilig mit ihm in offene Communication treten. Die äußeren Kiemen (Fig. 5 *K*) sitzen, 10 an der Zahl, am äußeren Rande der Mundhaut; sie sind reich verzweigt; nach außen hin vollkommen abgeschlossen, öffnen sie sich durch eine trompetenartig aufgerollte Stelle des Marginalrandes in das Blasensystem. Diese Öffnung kann, wie directe Beobachtung zeigt, durch die Mundhaut verschlossen und weit geöffnet werden. Die äußeren Kiemen sind frei von musculösen Elementen, daher in ihren Bewegungen vollkommen von dem Binnendruck des Blasensystems abhängig.

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

Bei *Dorocidaris papillata* sind die inneren Kiemen oder Stewartschen Organe, welche Ausstülpungen der Gabelblasen derselben sind, sehr stark contractil und daher selbständiger dem schwach entwickelten Blasensystem gegenüber, das jedoch seinerseits durch größere Dicke der Membran viel unnachgiebiger ist. Der Abschluss der Kiemen wird hier durch Herabziehen der geeignet gebogenen Gabeln auf die Rotulae besorgt. Sind die Gabeln fest angezogen, so gelingt es nicht mehr, eine Injectionsmasse von den Stewartschen Organen aus in das Innere der Laterne zu treiben[1].

Die Analyse des Apparates giebt, wie sich Jeder überzeugt haben wird, einen deutlichen Hinweis auf seine Function. Bevor wir jedoch demselben folgen, will ich noch zweierlei Functionsmöglichkeiten erörtern, die etwas abseits liegen.

Setzt man einen aufgeschnittenen *Sphaerechinus* an die vertikale Wand des Aquariums, so sieht man die Zahnwurzeln mit ihren Blasen sich der Schwere nach abwärts richten. Sie könnten demnach als Otolithen wirken. Aber abgesehen davon, dass die ganze Laterne ein viel wirksamerer Otolith sein müsste, und abgesehen davon, dass man von den Zahnwurzeln und ihren Blasen aus keine Reflexe erzielen kann, spricht gegen diese Annahme noch die Thatsache, dass nach Entfernung der Zahnwurzeln sich die Seeigel wie normal bewegen. Also ist keine Grundlage für die eventuelle Auffassung der Zahnblasen als Otolithen vorhanden.

Die zweite Möglichkeit bezieht sich weniger auf das Blasensystem als auf die Laterne selbst. Romanes & Ewart haben die Theorie aufgestellt, die Laterne diene der Locomotion, nachdem sie gesehen hatten, dass ein Seeigel, aus dem Wasser genommen und auf den Tisch gestellt, heftige Bewegungen mit der Laterne macht. Dieser Versuch ist aber gänzlich unzulässig; Niemand wird zum Beispiel eine Katze ins Wasser werfen, um zu sehen, wie sie läuft. In ihrem normalen Medium, dem Seewasser, benutzen die Seeigel niemals die Laterne zum Fortschreiten.

Wir wenden uns jetzt der Cardinalfrage zu, die sich bei Betrachtung des Laternenbaues von selbst aufdrängt: dient das Blasensystem der Athmung?

---

[1] Im Anschluss hieran sei es mir erlaubt, den Vorschlag zu machen, die von den Sarasin's bei den Echinothuriden entdeckten Organe als Pseudo-Stewartsche oder besser als Sarasinsche Organe zu bezeichnen. Denn der Ort allein kann den Ausschlag nicht geben, um so anders gestalteten Organen die gleiche Function zuzuschreiben.

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

So weit ich sehe, wird das Athembedürfnis der Echiniden sehr niedrig angeschlagen, jedoch existiren keine gegründeten Angaben darüber. Und doch entscheidet ein einfacher Versuch die Frage. Setzt man einen *Sphaerechinus* in ein enges Gefäß mit dem gleichen Volum Wasser, das er selbst einnimmt, so zeigen sich schon nach 5 Stunden charakteristische Vergiftungserscheinungen. Nach 6 Stunden sind die unteren Saugfüße ausgestreckt unbeweglich und nicht mehr reizbar, die oberen noch beweglich. Der Stacheltonus ist im Nachlassen, und die Reflexe auf Berührungsreiz sind sehr verlangsamt, die Pedicellarien bewegungslos, aber noch reizbar. Nach 18 Stunden hangen die Stacheln alle schlaff herab, die Saugfüße sind eingerollt, nicht eingezogen und unbeweglich. Die Reflexe sind sämmtlich verschwunden. Nur durch directen Muskelreiz kann man die einzelnen Stacheln noch zur Bewegung bringen. In einem solchen Zustand ist das Thier nicht mehr zu retten und fängt bald an, das Pigment zu verlieren, während in früheren Stadien ein Zusatz von frischem Wasser alle Lebensfunctionen wiederbringt. Ebenso leicht verfällt *Arbacia pustulosa* der Asphyxie, während *Dorocidaris papillata* ungemein widerstandsfähig ist und etwa 10 Tage im eigenen Athemwasser leben kann. Dieses unerwartete Resultat ließ die Frage aufwerfen: sind die Seeigel für Kohlensäure besonders empfindlich? Es findet sich eine kurze Notiz von Fol im Zoolog. Anzeiger f. 1882 (5. Jahrg. pag. 698), in der er empfiehlt, Seesterne durch Kohlensäure zu betäuben.

Ich habe vergleichende Versuche angestellt, um einige Anhaltspunkte zu gewinnen. Durch ein offenes Litergefäß wurde während 2 Stunden Kohlensäure durchgeleitet und dann abwechselnd verschiedene Thiere hineingebracht. Es ergab sich, dass allein ein kleiner Knochenfisch dieselbe hohe Empfindlichkeit gegenüber der Kohlensäure zeigte wie die Seeigel. Während ein kleiner Katzenhai bereits viel stumpfer war, brauchte eine Krabbe über eine halbe Stunde, um bewegungslos zu werden, und ein Einsiedlerkrebs bekam erst nach 2 Stunden Krämpfe. Eine Muschel wurde gar nicht afficirt. Dagegen hörte bei den Seeigeln selbst an bloßen Schalenstücken der Stachelreflex bereits nach 2 Minuten auf und kehrte bei Wiedereinsetzen in frisches Wasser in gleicher Zeit zurück.

Die im Detail fortgeführten Untersuchungen ergaben bei langsamer Durchleitung von Kohlensäure durch frisches Wasser, in dem sich der Seeigel befand, für *Sphaerechinus granularis* zuerst ein Verschwinden des Stachelreflexes und ein Schließen der tridactylen

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

Pedicellarien, während die gemmiformen meist offen blieben. Während die Stacheln träge daliegen, erhält man noch auf Berührung der Haut sehr schöne Bewegungsreflexe aller Pedicellarien, die auf keine andere Weise so gut vorgeführt werden können. Auch die Saugfüße werden sehr bald unerregbar, bleiben aber draußen. In einem weiter vorgeschrittenen Stadium wiederholt sich das bekannte Bild der Asphyxie.

Lässt man nicht direct die Kohlensäure in das Wasser eintreten, in dem sich der Seeigel befindet, sondern setzt man vorsichtig leicht mit Kohlensäure durchtränktes Wasser zu, so kommt ein Stadium zur Erscheinung, das besonders bei *Arbacia pustulosa* höchst charakteristisch sein kann. Das ist die allgemeine Erregung, welche der Erschlaffung vorangeht. Alle Stacheln sind in rotirender Bewegung begriffen, als wenn ein allgemeiner Hautreiz auf sie wirkte. Doch kann man durch leichte Erschütterung des ganzen Thieres alle Stacheln wieder in die normale Lage bringen, in der sie eine Zeit lang verharren, um dann wieder in die kreisende Bewegung überzugehen. Setzt man weiter kohlensäurehaltiges Wasser zu, so wird diese auf den mechanischen Reiz eintretende Pause immer kürzer, und schließlich wirkt er überhaupt nicht mehr. Hier haben wir den seltenen Fall, wo wir mit großer Feinheit die Stärke des chemischen Reizes durch physikalische Größen ausdrücken können.

Bei *Dorocidaris* habe ich keinen Einfluss der Kohlensäure constatirt.

Ein noch früheres Erregungsstadium kann man bei Echiniden beobachten, die in ihrem eigenen Athemwasser bleiben: schon nach einer halben Stunde beginnen sie ohne Ausnahme an der Wand des Gefäßes emporzuklettern, was sie sonst im Hellen nur ungern thun. Dass sie in der That vor der Kohlensäure und vor dem verdorbenen Athemwasser fliehen, lässt sich leicht nachweisen: man kann durch einseitiges Zusetzen von solchem Wasser einen Seeigel in einem größeren Gefäß von einer Seite zur anderen treiben.

Die kräftige Wirkung der Kohlensäure kann man dazu benutzen, die Athembewegungen zu demonstriren, die man an normalen Exemplaren nur ausnahmsweise nachweisen kann.

Man geht dabei am besten folgendermaßen zu Werke. Ein ganz frisches Exemplar[1] wird geöffnet in frisches Seewasser gesetzt,

---

[1] Thiere, die einige Zeit an der Luft gewesen sind, zeigen meist Zerreißungen an den Blasen.

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

nachdem es gründlich ausgespült ist und die Geschlechtsorgane entfernt sind. Dann leitet man Kohlensäure durch das Wasser, bis der Stachelreflex verschwunden ist, setzt hierauf das Thier wieder in frisches Seewasser und führt in den Ösophagus eine lange Nadel mit dem Kopf voran ein, um in der Gegend des Nervenringes (Fig. 5 *NR*) nach allen Seiten einen gleichmäßigen sanften Druck auszuüben. Von dieser Stelle wird nämlich ein Reflex ausgelöst, der die Laterne nach innen treibt. Ist der Moment richtig abgepasst, so sieht man jetzt spontane Bewegungen langsam auf einander folgen, die ich als Athembewegungen zu deuten geneigt bin. Erst steht die Laterne tief, dabei bilden die Kompassmuskeln mit den Gabeln einen Kelch, die Blasen sind alle gedehnt und voll. Der Raum zwischen Laterne und Gabeln hat seine größte Ausdehnung gewonnen. Die Kiemen sind eingezogen und die Kiemenöffnungen geschlossen. Dann contrahiren sich die Zahnblasen, die Laterne bewegt sich nach oben, die Gabeln werden herabgezogen und bringen die Gabelblasen zum Verschwinden. Der Raum zwischen Laterne und Gabeln ist dabei fast Null geworden. Bei Beginn dieser Bewegung werden die Kiemenporen geöffnet, und die Kiemen füllen sich prall. Am Schluss der Bewegung verschwinden die Kiemenporen, um beim Beginn der jetzt umgekehrt ablaufenden Bewegung sich wieder zu öffnen.

Bald tritt neben dem Auf- und Abgehen der Laterne auch ein seitliches Neigen derselben ein, wobei die Kompassmusculatur und die Gabeln ziemlich in der Horizontalen bleiben; dadurch füllen und leeren sich die einzelnen Gabelblasen abwechselnd, was eine Circulation der Binnenflüssigkeit zur Folge haben muss.

So verlaufen die Dinge in der Norm, indem die beiden musculösen Membranen, die Mundhaut und die Kompassmusculatur, erstens den zwischen ihnen liegenden Raum verkleinern und dadurch die Kiemen füllen, und zweitens, indem sie beide aus einander streben, den zwischen ihnen liegenden Raum vergrößern und dadurch der gespannten Kiemenhaut die Möglichkeit geben, die Flüssigkeit wiederum in den großen Binnenraum zurückzutreiben. Die Contraction und Wiedererschlaffung der Zahnblasen unterstützt diese Bewegung der Flüssigkeit.

Jedoch kann in einzelnen Fällen dasselbe geleistet werden bei still liegender Laterne durch bloßes Aufrichten und Niedergehen des Kompasses. Es wirken dann die Kompassmuskeln (Fig. 5 *KM*) als Inspiratoren, die Gabelmuskeln (Fig. 1—4 *GM*) als Exspiratoren.

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

Unterscheiden muss man die Athembewegungen von den bloßen Kaubewegungen, wo die Blasen keine Änderungen erfahren, die Kompassmusculatur ruhig bleibt und die Kiemenöffnungen geschlossen bleiben. Die Druckänderungen werden dabei durch 5 Taschen ausgeglichen, die auf der Mundhaut entstehen und verschwinden.

Auch Neigung der Laterne tritt besonders bei Wanderung des ganzen Thieres ein, wobei der Kompass nicht in der Horizontalen verharrt, sondern einfach die Neigung mitmacht; dann ist kein Anlass zu einer Circulation der Binnenflüssigkeit gegeben.

Wir haben es hier, wie man sieht, nicht mit einem rhythmisch arbeitenden Athemmechanismus zu thun, dessen Exspiration die Inspiration bedingt und umgekehrt, sondern mit einem Apparat, der immer wieder durch von ihm unabhängige Reize in Bewegung versetzt wird, und zwar dürfen wir die im Blasenraum auftretenden Stoffwechselproducte, namentlich die Kohlensäure, dafür verantwortlich machen, die wahrscheinlich direct auf den Nervenring wirkt und durch ihn die entsprechende Athembewegung auslöst. Durch Druck kann man von ihm aus, wie ich zeigte, eine Bewegung der Laterne erhalten. In einer anderen Arbeit werde ich nachweisen, dass bei gesteigerter Intensität des Reizes sich die Reflexe beim Seeigel umkehren. Dies sind, glaube ich, die nöthigen Anhaltspunkte, um die Athembewegungen und ihre Auslösung verständlich zu machen.

Um die Frage zu entscheiden, ob die Kohlensäure bloß als Säure wirkt, habe ich Essigsäure Tropfen für Tropfen dem Wasser zugesetzt und gefunden, dass ihre Wirkung der der Kohlensäure durchaus entspricht: noch bevor die geringste Röthung des Lackmuspapiers nachzuweisen ist, vielleicht bevor das leicht alkalisch reagirende Seewasser ganz neutralisirt ist, treten die charakteristischen Erscheinungen auf; besonders gut lässt sich das Erregungsstadium beobachten.

Bei *Dorocidaris* war wiederum keine Wirkung nachweisbar.

Von Preyer[1] ist das Nicotin für Seesterne angelegentlichst empfohlen worden. Auch auf die Seeigel wirkt es in überraschender Weise: 2 Tropfen einer 2%igen Lösung, dem Wasser zugesetzt, mit dem die Leibeshöhle eines aufgeschnittenen *Sphaerechinus* gefüllt worden ist, bringen zuerst die nächsten Zahnblasen zur Contraction, dann gerathen alle Muskeln der Laterne in Tetanus, und da

[1] W. Preyer, Über die Bewegungen der Seesterne. in: Mitth. Z. Stat. Neapel 7. Bd. 1886 pag. 27 ff., 1887 pag. 191 ff.

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

die Protractoren die kräftigsten sind, so wird die Laterne nach außen gezogen; dabei reißen meist die Auricularmuskeln durch, der Kompass erhebt sich kelchförmig, aber auch die Mundhaut legt sich dicht an die Laterne an, während die Kiemen abgeschlossen sind. Dadurch steigt der Druck in den Blasen enorm und überwindet die Contraction der Zahnblasen, die sich wieder füllen. Ein weiterer Zusatz von Nicotin bringt die Membrana limitans unfehlbar zum Reißen. Ein solches ad maximum gefülltes Blasensystem liegt Fig. 1 und 2 zu Grunde.

Ist die Athemfunction wirklich die einzige, die dem Blasensystem obliegt? Wir sehen, dass *Arbacia pustulosa*, deren Tastfüßchen auf dem Rücken mir nur zum Theil dem Tasten zu dienen scheinen, sondern zum größten Theil den Eindruck von Kiemen machen, auch außerdem besonders für die Respiration ausgestattet ist; sie besitzt nämlich gerade über zwei Kiemenöffnungen je eine, also im Ganzen 5 Blasen als Ausstülpungen der Membrana limitans, die gleichfalls contractil sind und bei Injectionen nicht viel größer als ein Stecknadelknopf erscheinen, im Leben jedoch über erbsengroß werden können. Bei all diesen, sicher die Respiration begünstigenden Einrichtungen besitzt *Arbacia* noch eine besonders kräftig entwickelte Kompassmusculatur. Nun gehört *Arbacia* zu den auf der Unterlage kratzenden Thieren[1], was man schön beobachten kann, wenn sie an der verticalen Glaswand sitzt. Dabei zeigen sich beim Auseinanderfahren der Zähne die 5 Ösophaguspapillen aufs deutlichste; sie verschwinden hinter den Zähnen, wenn diese sich schließen. Ich bringe das Vortreten der Ösophaguspapillen in directe Verbindung mit dem Druck innerhalb der Blasen, der diese Papillen, sowie sich die Gelegenheit dazu bietet, vortreiben muss. Um aber diesen erhöhten Druck constant zu erhalten, wird besonders bei arbeitender Mundmembran eine kräftige Kompassmusculatur von Nutzen sein.

Damit ist, glaube ich, die Function des Kompasses erschöpft: er dient lediglich der Druckregulirung innerhalb des Blasensystems der Membrana limitans. Der regulirte Druck dient seinerseits der Athmung und den Fressbewegungen. Daraus folgt, dass die Kompass- und Gabelmusculatur nur indirect mit der Laternenbewegung etwas zu thun haben und nicht, wie Lang das annimmt, selbst mit angreifen, um die Laterne auf- und abzuziehen.

---

[1] Ein wirkliches Bohren, wofür John eintritt, habe ich nicht beobachtet.

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

Ich werde daher zeigen müssen, dass alle Bewegungen der Laterne durch ihre eigene Musculatur geleistet werden und keine weitere Unterstützung brauchen. Zwar liegen die Elemente zu diesem Nachweis schon alle fertig vor, jedoch halte ich es für nothwendig, näher darauf einzugehen, weil ich gegen die von Lang gegebene Bewegungsanalyse der Laterne fast in jedem Punkt Einspruch erheben muss, und sein Buch mit Recht eine autorative Stellung einnimmt.

In Lovén's mit bewundernswerther Exactheit geschriebenen Arbeit[1] sind vor allen Dingen 2 Muskeln beschrieben und mehrfach abgebildet (Taf. 6 Fig. 42 und 44), die Lang vollkommen übersieht, obgleich sie von wesentlicher Bedeutung für die ganze Bewegung der Laterne sind. Das sind die Musculi rotulae interni und externi, die beide dazu dienen, das innere Ende der Rotulae keilförmig zwischen die benachbarten Pyramiden zu treiben. Die Rotulae drehen sich dabei um das Kugelgelenk, das sie jederseits am Außenende mit den Pyramiden verbindet. Dieses ist nur bei den Cidariden vollkommen ausgebildet, während *Sphaerechinus* nur den inneren Rand desselben besitzt. Unterstützt wird die Wirkung der Rotulamuskeln durch den Zug der Auricularmuskeln, und die resultirende Bewegung ist eine radial nach auswärts gerichtete Bewegung des Zahnes. Die Antagonisten sind die Interpyramidalmuskeln, bei Weitem die kräftigsten des ganzen Systems. Sie treiben den Rotulakeil wieder hinaus, indem sie alle Pyramiden einander nähern. Die resultirende Bewegung ist eine radial nach innen gerichtete Bewegung des Zahnes.

Das Kugelgelenk, besonders in seiner unvollkommenen Gestalt, und die abgerundeten Seiten des Rotulakeiles gestatten noch das Herabziehen einer einzelnen Pyramide, ihr folgen die benachbarten Rotulae, die sich dabei um ihre Längsachse drehen. Die Muskeln, die diese Bewegung ausführen, sind das jeweilig in Frage kommende Paar der Protractoren. Die Antagonisten sind die Mundmembran und die Interpyramidalmuskeln. Das Senken der ganzen Laterne wird gleichfalls durch die kräftigen Protractoren vollführt; ihre Antagonisten sind die Mundmembran und die Auricularmuskeln. Das Neigen der Laterne nach links und rechts wird gemeinschaftlich von den Protractoren der einen Seite und den Auricularmuskeln der gegenüberliegenden besorgt, wobei gleichfalls die Mundmembran mitspielen kann.

[1] S. Lovén, Echinologica. in: Bih. Svenska Akad. Handl. 18. Bd. Afd. 4 1892 N. 1.

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

Damit glaube ich die Bewegungen der Laterne erschöpft zu haben; bei keiner einzigen werden die Kompass- oder Gabelmuskeln in Anspruch genommen. Doch muss ich noch auf einen nicht ganz aufgeklärten Punkt aufmerksam machen, das ist die Beweglichkeit des einzelnen Zahnes innerhalb seiner Pyramide.

Es ist eine sehr auffallende Erscheinung, dass bei jedem an Asphyxie umgekommenen *Sphaerechinus granularis* die Zähne bei leichtem Druck auf die Zahnwurzel aus der Pyramide herausgetrieben und durch leichten Druck auf die Zahnspitze wieder hineingetrieben werden können, während bei einem frisch geöffneten Exemplar die Zähne nur mittels Aufbrechen des Pyramidalknochens aus ihrer Scheide entfernt werden können. Auf letztere Thatsache fußend, hat Lang die Zähne für unbeweglich erklärt, indem er sich zugleich auf Giesbrecht's Angabe stützt, dass selbst nach Kochen mit Kalilauge die Zähne fest am Knochen haften. Ihnen gegenüber steht eine Beobachtung von Caillaud, der, wie ich aus einem Citat von John[1] ersehe, sowohl bewegliche als auch unbewegliche Zähne gefunden hat.

Auf Taf. 11 des Lovén'schen Werkes finden wir Querschnitte durch die kritische Partie abgebildet, aus denen ersichtlich ist, dass sich an der äußeren Seite des Zahnes ein Gewebe befindet, das ihn mit seiner Scheide verbindet. Nach den Abbildungen sollte man vermuthen, dass es kurze Muskeln sind, die den Zahn in eine Art Sperrvorrichtung einspringen lassen. Bevor jedoch diese Ansicht, die mit dem physiologischen Befunde übereinstimmt, als begründet bezeichnet werden darf, muss der histologische Nachweis ihrer musculösen Natur geliefert sein, der noch aussteht.

Für die Hauptaufgabe der vorliegenden Arbeit ist dieser Punkt jedoch von untergeordneter Bedeutung, da eine Contraction der Zahnblase ganz ungeeignet dazu erscheint, den Zahn in seiner Scheide zu bewegen.

Wir werden uns daher mit den beiden discutirten Functionen des Blasensystems zufrieden geben müssen und daran festhalten, dass der normal erhöhte Druck im Binnenraum dazu dient, die Ösophaguspapillen vorzutreiben, und dass die Schwankungen des Druckes die Kiemen zu füllen und zu leeren haben, um so dem Thier den dringend nothwendigen Gasaustausch zu ermöglichen.

---

[1] G. John, Über bohrende Seeigel. in: Arch. Naturg. 55. Jahrg. 1889 pag. 268 ff.

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

Erklärung der Abbildungen
auf Tafel 21.

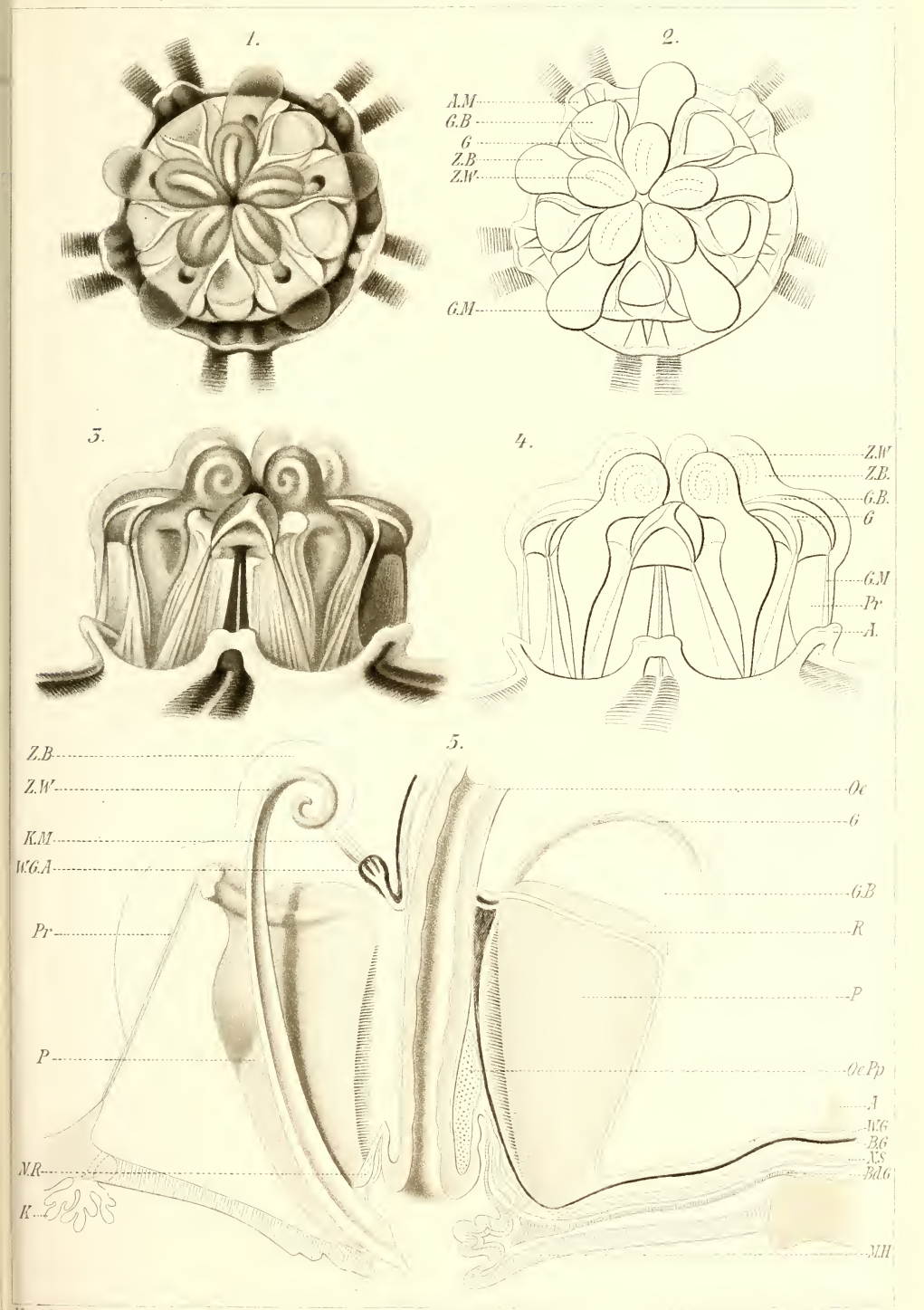
A Aurikel.
AM Auricularmuskel.
BdG Bindegewebe, das den Nerven trägt.
BG Blutgefäß.
G Gabel.
GB Gabelblase.
GM Gabelmuskel.
K Kieme.
KM Kompassmuskel.
MH Mundhaut.
NR Nervenring.
NS Nervensystem.
Oe Ösophagus.
Oe.Pp Ösophaguspapillen.
P Pyramide.
Pr Protractoren.
R Rotula.
WG Wassergefäß.
WGA Wassergefäß-Aussackungen (Polische Blasen der Autoren).
ZB Zahnblase (Polische Blase Delle Chiaje's).
ZW Zahnwurzel.

Fig. 1 und 2. Blasensystem der Laterne eines mit Nicotin vergifteten *Sphaerechinus granularis*. Maximale Füllung. Von oben gesehen. Nat. Größe.

Fig. 3 und 4. Blasensystem der Laterne eines normalen *Sphaerechinus granularis*. Mittlerer Füllungsgrad. Von der Seite gesehen. Nat. Größe.

Fig. 5. Halbschematischer Querschnitt einer Laterne von *Sphaerechinus granularis*. Mit Benutzung einer Figur von Cuénot (Arch. Biol. Tome 11 1891 Taf. 28 Fig. 53).

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



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Mittheilungen aus der Zoologischen Station zu Neapel

Jahr/Year: 1897

Band/Volume: 12

Autor(en)/Author(s): Uexküll J. von

Artikel/Article: Über die Function der Polischen Blasen am Kauapparat der regulären Seeigel. 463-476