

ejaculatorius liefert, hinein. Die dritte Zone besteht aus den Ganglien des Genitalnervensystemes und ist rein ectodermalen Ursprungs. Die birnenförmigen Zellen der vierten Schicht gruppieren sich zu drei concentrischen Kreisen. Die Zellen des Centrums verschmelzen zu dem conischen Penis, der mit seiner Spitze zwischen die Zelleiber der fünften Gruppe hineinragt. Um den Penis herum liegen Füllzellen, die späterhin verloren gehen und den oberen Theil der Bursalhöhle liefern. Der peripherische Zellkreis wandelt sich zum Bursalmuskel um, dessen kugelförmige Höhlung von den Zellen der fünften Zone ausgefüllt wird. Nachdem letztere zu Grunde gegangen sind, stülpt sich die Hypodermis ein und versieht die Bursa copulatrix mit einem schützenden Überzuge.

Weit einfacher ist die Entwicklung der weiblichen Ausleitungswege.

Am aboralen Leibspole befinden sich zwei concentrische Muskelröhren, in denen man sofort die späteren Sphincteren der Vagina erkennen wird. Ein Uterus ist noch nicht vorhanden; seine Stelle nimmt ein solider Plasmazapfen ein, dessen Mitte zwei ovale Kerne trägt. Die Zellen des Glockengrundes sind schon in der definitiven Zahl und Lage vorhanden. Auf sie folgt die röhrige Uterusglocke, die über zwei Füllzellen geformt wird. Auf jeder Seite liegen drei Zellen, die schon frühzeitig durch ihre beträchtliche Entwicklung in die Augen fallen. Aus ihnen gehen die eigenartigen Polster oder Flocken, die am oberen Rande der Uterusglocke gefunden werden, hervor.

3. Über die Function der Otolithen.

Von Th. W. Engelmann in Utrecht.

eingeg. 15. Juli 1887.

Der mir soeben zugegangene interessante Aufsatz von Yves Delage (Arch. de Zool. expérim. etc. (2.) T. 5. 1887. p. 1.) veranlaßt mich, einige Betrachtungen über die Function des sogenannten Otolithen im »Sinneskörper« der Ctenophoren, wie der Otolithen überhaupt, mitzutheilen, Betrachtungen, die ich bereits vor 8 Jahren niederschrieb, aber bisher zurückhielt, da ich auf eine Gelegenheit hoffte, sie durch Versuche ihres hypothetischen Characters entkleiden zu können. Sie finden in den Resultaten¹ des französischen Forschers

¹ Die Versuche von Delage erstrecken sich auf Cephalopoden (*Octopus*) und Crustaceen (*Mysis*, *Palaemon*, *Gebra*, *Corystes*), leider nicht auf Ctenophoren und Medusen. In wie weit die Vorstellungen des Verf. sich mit den meinigen berühren, wird zur Genüge die folgende wörtliche Anführung der wichtigsten Resultate desselben lehren. »La destruction des otocystes produit une désorientation locomotrice

eine sehr erwünschte Stütze und seien nun wie diese den Fachgenossen, die an lebenden Ctenophoren und anderen für die Frage geeigneten Seebewohnern Versuche anzustellen in der Lage sind, zu weiterer Prüfung empfohlen.

Ich halte den allgemein als Otolithen bezeichneten, am aboralen Pol des Ctenophorenkörpers gelegenen Kalkkörper für einen die Erhaltung des Körpergleichgewichts vermittelnden Apparat. Wie namentlich durch Carl Chun's sorgfältige Untersuchungen bekannt, ruht dieser, im Allgemeinen kugelige, Körper, auf vier gleichen, ihn in regelmäßigen Abständen im Umkreis umstellenden, federartigen, elastischen Wimperplättchen derart, daß er, »inmitten der Glocke nach allen Seiten frei beweglich in den vier Federn pendelt« (Fauna und Flora des Golfes von Neapel. I. Chun, Ctenophorae. 1880. p. 75). Die vier Federn wurzeln in eigenthümlichen Epithelzellen des »Sinneskörpers«, von welchen aus acht als Flimmerriemen bezeichnete Epithelstreifen in meridionaler Richtung zu den acht die Ruderplättchen tragenden Rippen ausstrahlen.

In der Norm schreitet der Anstoß zur Bewegung der Schwimmlättchen wellenförmig vom aboralen nach dem oralen Pole hin fort, wobei nach den Versuchen von Chun die Flimmerriemen als Nerven wirken, indem sie nach dem, zuerst von mir für Flimmerepithelien aufgestellten Princip der Reizleitung durch Zellencontact, einen die Bewegung der Cilien, bez. der Ruderplättchen auslösenden molecularen Proceß von Zelle zu Zelle fortpflanzen².

Im unversehrten Thier laufen, wie Chun hervorhebt, die Wellen

chez les animaux qui l'ont subie. — Ce résultat est dû à l'abolition des fonctions de l'organe et non à son excitation ou à une irritation du nerf correspondant. — Les otocystes, outre leur fonction auditive, jouent le rôle d'organes régulateurs de la locomotion, probablement en provoquant par voie réflexe les actes musculaires correcteurs qui maintiennent le corps sur la trajectoire voulue et dans son orientation normale pendant toute la durée du mouvement. — Il y a de fortes raisons de croire que ces organes envoient aussi aux ganglions cérébroïdes des sensations véritables qui renseignent l'animal sur les mouvements de rotation accomplis activement ou passivement par son corps. — Ces sensations, ainsi que les actions réflexes précédentes, peuvent être provoquées par l'action mécanique exercée pendant les mouvements, par le liquide ou par les otolithes sur les terminaisons nerveuses de la paroi« (l. c. p. 24).

² Dem mechanischen Act der Bewegung der Cilien eine Mitwirkung bei der Reizleitung zuzuschreiben, wie Chun zu thun geneigt ist, scheint mir nicht gerechtfertigt. Vermuthlich ist auch der Reizungs- und Leitungsvorgang in den Flimmerriemen von electrischen Veränderungen begleitet. Sollte es, was ich für sehr wahrscheinlich halte, gelingen, diese zu beobachten und im Besonderen ihren zeitlichen Verlauf zu messen, so wird sich vermuthlich herausstellen, daß wie in den Muskeln auch in diesen Epithelstreifen die electrische Reizwelle der mechanischen vorausläuft. Vgl. hierüber noch Pflüger's Arch. f. d. ges. Physiol. II. 1869. p. 278, und Hermann, Handb. d. Physiol. I. 1879. p. 388.

stets gleichzeitig über die beiden Rippen desselben Quadranten ab. Ein vom Pol ausgehender Anstoß theilt sich also nicht nothwendig allen vier Rippenpaaren mit, sondern jedes von diesen ist für sich von dort aus reizbar. Dabei können Frequenz, Energie, Form, Richtung des Stützeffectes des Ruderschlages mannigfach variirt werden.

Wird hierdurch die Möglichkeit einer Regulirung der Bewegungen der Schwimmlättchen vermittels des »Sinneskörpers« einleuchtend, das Aufhören der Regulirung nach Wegschneiden des Sinneskörpers (wonach die Thiere — *Eucharis* — noch viele Tage am Leben bleiben können) beweist, daß eine solche Regulirung in Wirklichkeit durch denselben vermittelt wird.

Ich wüßte nicht, was man gegen diese von Chun entwickelte Auffassung der physiologischen Bedeutung des Sinneskörpers und der Flimmerriemen einwenden könnte³. Ob und in welcher Weise der »Otolith« für diese Regulirung der Bewegungen seitens des Sinneskörpers Bedeutung haben könne, darüber äußert sich Chun nicht, und so viel ich weiß, sind auch von anderen Seiten darüber noch keine Vermuthungen aufgestellt. Für die althergebrachte Annahme, daß der Otolith Gehörsempfindungen vermittele, findet Chun keine irgend zuverlässige Stütze.

Mir scheint nun die Bedeutung des Otoliths einfach darin gesucht werden zu müssen, daß er die Hauptachse des Körpers unter allen Umständen mittels der Schwimmlättchen in der normalen senkrechten Lage zu erhalten strebt.

Bei verticaler Lage der Hauptachse drückt der Otolith gleich stark auf jede der vier Federn. Neigt sich die Achse nach irgend einer Seite, so drückt er die auf dieser Seite gelegenen Federn stärker und zwar muß sich dieser stärkere Druck, je nach dem Winkel, den die Neigungsebene mit den durch Hauptachse und Federn (nebst Rippen) gelegten Meridianebenen bildet, auf die zwei Federn in der Weise vertheilen, daß diejenige die meiste Drucksteigerung erfährt, für welche jener Winkel der kleinere ist. Umgekehrt erfahren natürlich die auf der gegenüber liegenden Körperhälfte gelegenen Federn eine entsprechende Entlastung.

Diese bei Abweichung der Hauptachse aus der senkrechten Lage nothwendig erfolgenden Druckänderungen könnten nun vermittels der von den Federn ausgehenden, als Nerven fungirenden, Zellstränge das

³ Die wie es scheint verbürgte Thatsache, daß eine Beeinflussung der Bewegung der Schwimmlättchen unter Umständen auch von anderen Stellen als dem aboralen Pole her stattfinden kann, ist, wie schon Chun bemerkt, hier irrelevant. Sie verdient aber, wie auch die Frage nach den Bahnen, welche diese Einflüsse vermitteln, dringend weitere Untersuchung.

Spiel der Wimperplättchen so beeinflussen, daß eine compensatorische Körperbewegung herbeigeführt, der normale verticale Stand also wieder hergestellt wird.

Dies könnte auf verschiedene Weise geschehen. Einmal so, daß Steigerung des Druckes ein energischeres Schlagen der von der entsprechenden Feder aus innervirten Reihe von Schwimmlättchen im Sinne einer Rotation der gleichen Körperhälfte nach der aboralen Seite hin veranlaßte. Es könnte die Erhöhung des Druckes denselben Zweck aber auch durch Hemmung des die entgegengesetzte Bewegung verursachenden Ruderschlags der gleichseitigen Rippen erreichen. Die gleichzeitige Entlastung der gegenüber liegenden Federn könnte den entgegengesetzten, hemmenden oder erregenden Erfolg auf den Ruderschlag der anderen Körperhälfte haben, würde die zweckmäßige Wirkung der ersten also unterstützen.

Man ersieht sofort, daß auf diese Weise, durch einen Reflexproceß elementarster Art, eine höchst einfache und vollkommene Selbstregulirung des Gleichgewichts möglich sein muß, eine Regulirung, bei der weder bewußte Empfindung noch Wille mitzuspielen brauchten, sondern die durchaus maschinenmäßig stattfinden könnte.

Es würde nun Aufgabe des Versuchs sein, zu ermitteln, welchen Einfluß eine irgend wie hervorgebrachte Neigung der Hauptachse auf das Spiel der Ruderplättchen hat, ob Reizung auf der gesenkten, Hemmung auf der gehobenen Körperhälfte oder umgekehrt, wobei näher auf Änderung der Frequenz, Form, Amplitude, Geschwindigkeit und Richtung des Nutzeffects des Schlags der einzelnen Plättchen der verschiedenen Rippen zu achten wäre. Die Abhängigkeit der Erscheinungen von der Richtung der Ablenkung der Hauptachse in Bezug auf die Meridianebenen der Rippen, von der Größe des Neigungswinkels, von der Geschwindigkeit und Dauer der Neigung wäre zu prüfen, Versuche über den Einfluß der Entfernung bezüglich Zerstörung des Otolithen, einzelner Federn, der Durchschneidung und Reizung der Flimmerrinnen etc. wären anzustellen. Aufgaben, deren Lösung keine unüberwindlichen Schwierigkeiten bieten dürfte. Erst dann könnte entschieden werden, ob die hier gegebene Vorstellung stichhaltig und zu einer brauchbaren Theorie auszugestalten sei.

Wenn dies, wie ich glaube, der Fall, so würde weiter zu prüfen sein, ob dasselbe oder doch ein wesentlich ähnliches Princip automatischer Regulirung des Gleichgewichts auch anderwärts im Thierreich Anwendung finde, im Besonderen also ob die Bedeutung der sogenannten Otolithen allgemein in der angegebenen Richtung zu suchen sei.

In der That scheinen mir schon jetzt einige Gründe für diese Erwartung angeführt werden zu können. Ich erwähne das sehr allge-

meine Vorkommen von Otolithen bei frei beweglichen Thieren, ihr Fehlen bei vielen (wo nicht den meisten?) festsitzenden oder träge kriechenden Formen, ihre Rückbildung (Schwinden oder Zerfall) namentlich bei festsitzenden Formen, die in ihren freibeweglichen Jugendzuständen ansehnliche Otolithen besitzen, das häufige Eingebettetsein der Gehörbläschen in weiches, unelastisches, für Übertragung von Schallwellen durchaus ungeeignetes Gewebe (viele Mollusken), die sehr allgemeine Verbindung der Otolithen mit, bezüglich ihre Lagerung auf oder zwischen den Spitzen elastischer, haar- oder borstenförmiger Zellauswüchse, welche als lange Hebelarme die mit Abweichung des Körpers aus der Gleichgewichtslage nothwendig verbundenen Änderungen des vom Otolithen auf sie ausgeübten Druckes verstärkt auf die mit Nerven verbundenen Zellkörper, in denen sie wurzeln, zu übertragen geeignet scheinen.

Auch da, wo wie auf den sogenannten *Maculae acusticae* im häutigen Labyrinth der meisten Knorpelfische, der Amphibien, Reptilien, Vögel und Säuger anstatt eines einzigen größeren Otolithen oder einer fest verwachsenen Gruppe von Gehörsteinen, zahllose kleine, durch ein weiches Medium zu einer Art Platte verbundenen Steinchen auf dem Haarbesatz des Nervenepithels lagern, wobei allgemein die Haare tief in die Platte einzudringen scheinen, darf man Ähnliches erwarten. Daß das häutige Labyrinth, speciell der *Utriculus* und wohl auch der *Sacculus*, für die Regulirung des Körpergleichgewichts von Bedeutung ist, darf nach den von Goltz wieder aufgenommenen und von ihm und Anderen weiter verfolgten *Flourens'schen* Versuchen nicht bezweifelt werden. Wenn andererseits demselben Theil des Labyrinthes, wie es scheint, mit gleicher Bestimmtheit die Vermittelung specifischer Gehörsempfindungen zugeschrieben werden muß, so liegt der Gedanke nahe, es möchten die *Cristae acusticae*, welche der Otolithenbedeckung entbehren, der acustischen, die *Maculae acusticae* der äquilibrischen Function dienen, womit der bisher unverständliche Unterschied im Bau beider physiologisch einleuchtender würde. Die bisherigen, auf die Function der halbkreisförmigen Canäle bezüglichen Versuchsergebnisse reden freilich gerade dieser Arbeitstheilung nicht das Wort.

Von unserm Standpunkt aus verliert auch die merkwürdige, von Hensen (*Zeitschr. f. wiss. Zool.* 13. Bd. 1863. p. 329 ff.) experimentell festgestellte Thatsache ihr Befremdliches, daß die Otolithen bei gewissen Krebsen (*Palaemon antennarius*) nichts Anderes sind als Sandkörnchen, Steinchen, Krystalle beliebiger Art, welche das Thier nach jeder Häutung mittels seiner Scheren vom Boden aufliest und »instinctmäßig« in die mit einer Öffnung nach außen verschene

»Gehörblase« einschiebt, wo sie dann auf die Hörhaare zu liegen kommen. Daß ein derart roh und wechselnd aufgebauter Steinhaufen für Umsetzung von Schallwellen in etwas unseren Gehörsempfindungen Entsprechendes nicht besonders geeignet sein kann, dünkt mich kaum zweifelhaft. Auch scheint mir durch Hensen's bekannte Versuche ein eigentliches Hören der Krebse nicht streng bewiesen zu sein. Nur so viel steht fest, daß diese Thiere auf manche Arten von Schallwellen mit Bewegungen (Springen) reagiren. Dies könnte aber immerhin ein einfacher motorischer Reflex sein, ohne jede begleitende bewußte spezifische Empfindung. Daß letztere fehle, will ich natürlich keineswegs behaupten. Die Natur bedient sich des für Erhaltung und Vervollkommenung thierischen Lebens so überaus wirksamen Mittels bewußter Empfindung auch in dem wichtigen Falle der Regulirung des Gleichgewichts ohne Zweifel sehr allgemein. Doch scheinen nach den vorliegenden Versuchen das Tastgefühl und namentlich bei höheren Formen auch der Gesichtssinn hier eine Hauptrolle zu spielen.

Immerhin wird man den Vortheil nicht verkennen, der darin liegt, wenn eine der elementarsten Bedingungen ungestörter Vollziehung der wichtigsten Functionen, die Erhaltung der Gleichgewichtslage des Körpers durch einen eigenen, eventuell auch ohne Betheiligung des Bewußtseins, blind, wirkenden Reflexmechanismus garantirt wird.

Utrecht, 13. Juli 1887.

III. Mittheilungen aus Museen, Instituten etc.

60. Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte.

Die Geschäftsführung der 60. Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte zu Wiesbaden beginnt soeben mit der Versendung der Programme. An sämtliche Ärzte Deutschlands gelangt das Programm durch Vermittelung des ärztlichen Centralanzeigers. An die Vertreter der Naturwissenschaften an Universitäten, Polytechniken, landwirthschaftlichen Hochschulen, Versuchsstationen, in der practischen Pharmacie und in der Industrie wird das Programm unter Streifband verschickt, so weit sich die Adressen mit Hilfe der Universitätskalender etc. ermitteln lassen. Nicht in allen Fällen wird dies möglich sein. Diejenigen Interessenten, welchen etwa das Programm nicht zugehen sollte, werden deshalb gebeten, sich wegen Zusendung an die Geschäftsführung in Wiesbaden (Kapellenstraße 11) zu wenden, welche jedem Anfragenden das Programm gern unentgeltlich zuschickt.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Zoologischer Anzeiger](#)

Jahr/Year: 1887

Band/Volume: [10](#)

Autor(en)/Author(s): Engelmann Theodor Wilhelm

Artikel/Article: [3. Über die Function der Otolithen 439-444](#)