

# Das Gehörbläschen als statisches Organ bei den Pterotracheidae.

Von Dr. P. Ilyin.

Assistent an der Basanow'schen Universitätsklinik für Ohren-, Hals- und Nasenkrankheiten in Moskau.

---

Den Wirbeltieren dienen die halbkreisförmigen Canäle bekanntlich als Organ, das die Bewegungen des Tieres in den drei Dimensionen des Raumes reguliert, das ganze häutige Labyrinth aber als Gleichgewichts- und Gehörorgan.

Im Jahre 1887 wies Ives Delage als Erster nach, dass bei den wirbellosen Tieren das Bläschen mit dem im Innern desselben enthaltenen Steinchen, das sogenannte Gehörbläschen (Otocista), dem bis dahin nur die Gehörfunktion zugeschrieben wurde, noch eine weitere Funktion ausübt: dass es nämlich fähig ist die Bewegungen des Tieres zu regulieren und den Körper desselben im Gleichgewicht zu erhalten. Wie aus seinen Untersuchungen folgt, bilden die Otocisten der wirbellosen Tiere das Rudiment des häutigen Labyrinths der Wirbeltiere und die zwei Funktionen des Labyrinths, die Gehörfunktion und die statische, sind im Otocisten als dem Homologus des Labyrinths enthalten. Seine Versuche stellte Ives Delage an den Mollusca (genauer an den Octopus) und den Arthropoda an. Die Experimente an den Octopus ergaben folgende Resultate: bei glücklichem Gelingen der Operation erholt sich das Tier rasch und unterscheidet sich auf den ersten Blick in nichts von gesunden Tieren; in gewöhnlichem Zustande befindet sich der Octopus im Innern der Aushöhlung, frisst Krabben und Mollusken, die man ihm reicht, wechselt jedoch nur ungern seinen Aufenthaltsort. Berührt man ihn mit einem Stäbchen, so sucht er sich weiter zu verbergen und erst nach anhaltender Beunruhigung entschliesst er sich sein Obdach zu verlassen. Bei langsamer Fortbewegung kann man ein Hin- und Herschwanken des Tieres beobachten, was durch ein Drehen parallel der Längsachse unter einem Winkel von ungefähr  $20^{\circ}$ — $30^{\circ}$  hervorgerufen wird. Bei beschleunigterer Bewegung prägen sich die Drehungserscheinungen noch schärfer aus. Bei plötzlicher, schneller Bewegung endlich lässt sich anfangs der übliche gerade Gang beobachten, allmählig jedoch beginnt das Tier entweder sich auf dem Spiralgange fortzubewegen, falls es sich der Längsachse nach umgedreht, oder es bildet, falls es sich der Querachse nach gewandt, eine Ellipse, wobei die Fläche des Rückens immer dem Centrum zugewandt ist. Zum Schluss wendet das Tier seine Bauchfläche nach oben und gelangt auf solche Weise in eine den gesunden Mollusken nicht eigene Lage. Jeder Versuch des Tieres seine

übliche Lage wiederzugewinnen wird von unregelmässigen Rotationsbewegungen begleitet, die mit einer der 3 Achsen zusammenfallen. Bloss wenn es die Wand oder den Boden des Gefässes berührt, gelingt es ihm, und auch dann nicht sofort, vom Gesichts- und Fühlvermögen geleitet, die normale Lage anzunehmen. Ein geblendeter Mollusk bewegt sich langsam, jedoch immer regelrecht, auf geradem Wege, ohne Rotationsbewegungen fort. Tiere, die der Augen und Gehörbläschen zugleich beraubt sind, verlieren jegliches Vermögen sich regelmässig fortzubewegen: bald drehen sie sich beim Schwimmen, bald legen sie grosse Strecken auf dem Rücken zurück, bald endlich purzeln sie. Mit einem Wort, ein des Otocisten beraubtes Tier verliert die Fähigkeit sich zu orientieren und kann die normale Lage nur ein Zustande der Ruhe erlangen, indem es sich mit seinen Saugnäpfen an die nächsten unbeweglichen Gegenstände anheftet. Wodurch, fragt nun Ives Delage, werden diese Erscheinungen hervorgerufen? Natürlich nicht durch die Reizung. Sobald der Otocist eröffnet, die Flüssigkeit ausgeflossen, die Höhlung mit einer Kürette ausgekratzt—wie er es in seinen Experimenten that—der Otolith entfernt ist—so ist das Organ zerstört und kann nur unnormale Empfindungen ergeben. Freilich wird das Ende des *n. acusticus* im Verlauf der Operation stark gereizt, doch verschwindet die Reizung nach einigen Tagen, wenn der Durchschnitt sich vernarbt hat, die Störungen der Bewegungen vermindern sich dagegen nicht. Ives Delage erklärt diese Erscheinung in der Weise, dass er zulässt, dass die Otocisten dem Tiere zu Folgendem dienen: sie geben ihm durch specielle Empfindungen kund, welche Rotationsbewegungen der Körper macht, und rufen durch einen Reflex geringe Ausbesserungen hervor, die den Körper in seiner normalen Lage erhalten und ihn daran hindern, den Weg, den er verfolgen soll, zu verlassen. Sobald die Funktion des Otocisten aufhört, werden die Rotationsbewegungen nicht mehr automatisch ausgebessert, verstärken sich und bringen das Tier dazu, den Charakter seiner Bewegungen zu ändern. Bei langsamem Schwimmen können die anderen Sinne, z. B. das Sehvermögen dem Tiere die Kenntnisse zuführen, die er sonst vom Otocisten erhält. Die Thätigkeit dieser Organe ist weniger genau und schnell, da sie nicht durch Reflexe bewirkt wird: In diesen Fällen muss das Empfinden sozusagen zur Einsicht werden, muss eine Idee erwecken und eine Willensregung hervorrufen, dank welchen das Tier dann seinen Fehler ausbessert. Diese Ausbesserung verlangt Zeit; ebenso hat auch die Abweichung, bevor sie ausgebessert wird, Zeit genügende Kraft zu erlangen und dies um so mehr, je schneller die Bewegung des Tieres ist. Dass die oben angeführten Störungen der Bewegung von der Zerstörung des Otocisten abhängen und nicht vom Trauma bei der Operation, ersieht man daraus, dass geblendete Tiere zwar langsam und unentschlossen, jedoch vollkommen regelrecht schwimmen; selbst wenn sie sich schnell fortbewegen, kann man nicht das geringste Drehen des Körpers bemerken, ihr Weg ist gerade. Dies beweist, dass ein regulatorisches Organ existirt, das von der Sehkraft unabhängig ist, und das für sich allein eine unbedingt regelmässige Fortbewegung sichert. Tiere, die der Augen und Otocisten zugleich beraubt werden, verlieren absolut das Orientirungsvermögen: sie drehen sich nicht nur während des Schwimmens, ja sie können nicht ein-

mal ihre normale Lage einnehmen; sie durchheilen grosse Strecken auf dem Rücken oder der Seite, wenden sich auf verschiedene Weise, und selbst nachdem sie den Boden erreicht haben, müssen sie sich abmühen, um ihre normale Lage zu erlangen. Dies weist nur darauf hin, dass das taktile Gefühl dem Tiere nur geringe Hilfe leistet sich von seiner Lage Rechenschaft zu geben. Solange das Tier im Wasser schwimmt, sind seine taktilen Empfindungen gleich Null; ebenso ist der Verlust des Orientierungsvermögens ein vollständiger; erreicht das Tier den Boden, so fühlt es ihn unter sich: wenn es dabei nicht zufällig in seine normale Lage gelangt, muss es sich umdrehen, da es aber nicht fähig ist, die Amplitude seiner Rotationsbewegungen zu ermessen, um sie durch eine entsprechende Anstrengung auszubessern, so überschreitet es die Grenze, verliert den Schwerpunkt und fällt auf die entgegengesetzte Seite. Zu bemerken ist, dass in den Bewegungen des Tieres gar keine Ataxie ist: die Bewegungen sind vorsichtig und ausgezeichnet coordiniert. Ives Delage hatte nur wenig Gelegenheit die Erscheinungen bei der Zerstörung nur eines Otocisten zu untersuchen, doch schien es ihm, dass in solchem Falle die Störungen sich zuerst bemerkbar machten und nach einiger Zeit vergingen.

Die Beobachtungen, die Ives Delage an den Crustacea anstellte, ergaben ebenfalls charakteristische Störungen der Bewegungen bei Zerstörung des Otocisten.

*Mysis.* Die Otocisten befinden sich bei den *Mysis* im Schwanz. Der letztere besteht aus fünf geflachten Teilen: einem mittleren und vier seitwärts gelegenen. Das innere Paar der Seitenteile enthält die Gehörbläschen; die Zerstörung der Gehörbläschen wird durch das Durchstecken einer Nadel bewirkt. Die *Mysis* fallen, wenn sie gleichzeitig der Augen und Otocisten beraubt werden, auf den Boden des Gefässes, wo sie auch bleiben und nur leicht die Antennen bewegen. Falls sie während der Operation nicht stark gequetscht wurden, beginnen sie nach einiger Zeit sich zu bewegen, jedoch bei völligem Verlust des Orientierungsvermögens. Die Tiere drehen sich viele Stunden lang um ihre Längsachse. Eins der Tiere, das Störungen im höchsten Maasse aufwies, drehte sich unablässig im Laufe von 3 Tagen mit der Schnelligkeit von 120 Drehungen in der Minute, ohne die Richtung zu ändern. Es ass während es sich drehte, und schien keineswegs krank zu sein. Die anderen drehten sich hauptsächlich auf der Seite, indem sie einen Kreis in horizontaler Fläche bildeten oder ihren Gang auf verlängerten Spirallinien nahmen. Der Charakter des Drehens blieb unverändert. Wenn es dem Tiere gelang sich an einen festen Körper anzuheften, so blieb es unbeweglich, wurde es jedoch frei, so begann es von Neuem die früheren Bewegungen. Am Anfang waren die Erscheinungen schärfer als nach Verlauf von einigen Tagen, was darauf hinweist, dass den *Mysis* eine Erregung durch Reizung nicht fern lag—nichts destoweniger ist ihnen nach Vernarbung der Wunde, wenn sie zu fressen beginnen und ganz gesund scheinen, ein regelmässiges und normales Schwimmen unmöglich. Die Aehnlichkeit dieser Erscheinungen mit den Störungserscheinungen bei Verletzung der halbkreisförmigen Canäle der Wirbeltiere ist offenbar. Um diese Resultate zu erzielen, muss man, wie wir sahen, die Augen und die Otocisten entfernen. Die Entfernung der Otocisten allein ruft solche Erscheinungen nicht

hervor, was auf die grosse Bedeutung der Gesichtsempfindungen für diese Tiere hinweist. Die Gesichtsempfindungen genügen ihnen als Bewegungsregulatoren.

*Decapoda.* Die Otocisten befinden sich bei diesen Tieren im Basalgliede der inneren Antennen. Die Zerstörung derselben wird dadurch bewirkt, dass in das Gehörbläschen, das als schwarzes Fleckchen bemerkbar ist, eine Nadelspitze gesteckt wird, womit das Bläschen leicht gekratzt wird, oder dass das Teilchen vom Grunde aus mit einem scharfen Scalpel abgeschnitten wird. Bei den Crevetten (*Palaemon*, *crevette*) ergiebt die Entfernung der Otocisten allein keine Bewegungsstörungen, die gleichzeitige Entfernung der Augen und Otocisten dagegen ruft solche hervor und zeigen sich diese Störungen darin, dass einige der Tiere vorsichtig schwimmen mit gespreizten Füssen, oft nach rückwärts umkippen und rückwärts schwimmen, andere mit dem Kopfe voran nach unten, zum Boden streben, jedoch letzteren nicht erreichen und auf krummem Wege wieder aufschwimmen. Geblendete Crevetten, denen die Gehörbläschen nicht verletzt wurden, beginnen nach der durch die Operation hervorgerufenen Erregung zwar unentschlossen, jedoch völlig regelrechtmässig zu schwimmen. Daher muss man bei ihnen die Bewegungsstörungen den Gehörbläschen zuschreiben, Blindheit lässt diese unnormalen Bewegungen nur deutlicher hervortreten. Crevetten ohne Augen, Otocisten und Antennen üben vollkommen unregelmässige Bewegungen aus.

Das Ausreissen der zwei inneren Antennen bei den *Gebia* (*Decapoda*) wird von ernsten Gleichgewichtsstörungen begleitet: das Tier wirft sich bald nach rechts, bald nach links mit nach oben gekehrtem Bauch. Es ist bemüht sich zu erheben, fällt jedoch auf die entgegengesetzte Seite. Mit grosser Mühe gelingt es ihm den Ort zu erreichen, wohin es strebt. Nach Entfernung der Augen und der Otocisten tritt völlige Gleichgewichtsstörung ein.

Das Tier dreht sich nicht sonderlich viel, doch im Bestreben seine gewöhnliche Lage zu erreichen, beginnt es auf dem Rücken unregelmässige, ziemlich lange Kreise zu ziehen. Das Abschneiden eines oder zweier äusserer Antennen bleibt ohne Einfluss auf die Bewegungen.

Bei den *Palynurus vulgaris* und *Scyllarus arctus* (*Decapoda*) ist nach Entfernung der Augen und Bläschen eine unbedeutende Anomalie in den Bewegungen bemerkbar: nämlich ein plötzliches Fallen auf den Rücken,—bald vergeht es jedoch.

*Corystes* (*Decapoda*): Seine übliche Lage ist vertikal, da er immer auf dem hinteren Rande des Körpers und den Hinterfüsschen ruht. Nach Entfernung der Antennen verliert er die Fähigkeit sich im Gleichgewicht zu erhalten.

Die Beobachtungen Steiner's <sup>1)</sup> bestätigen in den meisten Fällen die von Ives Delage erzielten Resultate.

Bei Unterziehung der erhaltenen Störungen einer Prüfung kommt Ives Delage zu der Folgerung, dass starke, jedoch vorübergehende Erscheinungen durch traumatische Erregung hervorgerufen sein können, für längere Zeit

<sup>1)</sup> Citirt nach S. von Stein—Die Lehren von den Funktionen der einzelnen Teile des Orlabyrinths. Jena, 1894.

anhaltende Erscheinungen aber anderer Art sind. Diese Symptome sind beständig. Sie verschwinden nicht nur nicht, sondern werden nicht einmal schwächer, während zu derselben Zeit die Wunde heilt, die Tiere selbst vollkommen hergestellt werden, fressen, die abgeschnittenen Teile ihres Körpers wechseln und wiederherstellen. Andererseits bleiben einseitige Operationen in den meisten Fällen fast ganz ohne Effekt; wie ja aber bekannt ist, dürfen starke Erregungen der Organe nicht doppelseitig sein, um die wichtigen Symptome aufzuweisen: z. B. Menière's Krankheit. Ives Delage lässt daher zu, dass die Erscheinungen von Bewegungsstörungen durch die Funktionszerstörung der Otolithen hervorgerufen werden. Alle Experimente führen zu der Folgerung, dass die Otocisten nicht nur Gehörorgane sind, sondern auch eine grosse Rolle bei der Orientierung in den Bewegungen spielen. Es wird doch niemandem, sagt er, einfallen zu behaupten, dass die Tiere solche Bewegungsstörungen nur deshalb aufweisen, weil sie *taub* geworden sind.

Auf Grund seiner Experimente kommt Ives Delage zu folgenden Schlüssen:

1) Die Zerstörung der Otocisten ruft den Verlust des Orientierungsvermögens in den Bewegungen bei allen der Operation unterworfenen Tieren hervor.

2) Dieses Resultat wird durch die Zerstörung der Funktion des Organs bewirkt und nicht durch die Erregung des Organs oder des durchschnittlichen Nerven.

3) Die Vernichtung der Gesicht- und taktilen Empfindungen ruft Erscheinungen solcher Art nicht hervor.

4) Die Sehkraft und das Fühlvermögen können in gewissem Maasse die vernichteten Otocisten ersetzen, doch ist es häufiger nur möglich dank dem Beisein dieser beiden Sinne die Bewegungsstörungen zu schwächen.

5) Die Otocisten spielen, neben ihrer Gehörsfunktion, die Rolle von Bewegungsregulatoren, indem sie, wahrscheinlich durch den Reflex, verbessernde Muskelbewegungen verursachen, die den Körper auf dem erwünschten Wege und in normaler Lage während der ganzen Zeit der Bewegung erhalten.

6) Man kann zulassen, dass diese Organe in die cerebralen Ganglien Empfindungen versenden, die dem Tiere das passive oder aktive Drehen, das sein Körper vollführt, kund thun.

7) Diese Empfindungen können, ebenso wie die Reflexakte, durch mechanische Arbeit hervorgerufen sein, die im Verlauf der Bewegung durch die Flüssigkeit oder die Otolithe auf die Nervenenden der Wandung ausgeführt wird.

Im Jahre 1891 veröffentlichte Max Verworn <sup>1)</sup> seine Experimente an den Ctenophora. Bei diesen Tieren vernichtete er das Gehörbläschen und beobachtete die Bewegungsstörungen, die nach der Entfernung auftraten. Tiere, denen das Bläschen entfernt war, verloren auf lange Zeit die Fähigkeit ihre gewöhnliche Lage anzunehmen. M. Verworn's Experimente dienen als neuer Beweis zu Gunsten der Annahmen von Ives Delage, dass das Gehörbläschen das Gleichgewichtsorgan ist.

---

<sup>1)</sup> M. Verworn. Gleichgewicht- und Otolithenorgan. Experimentelle Untersuchungen. Pflüger's Archiv für die gesammte Physiologie. Ac. Bd. 50. S. 423-472. 1891.

Im Februar und März des Jahres 1899 ward ich von der Klinik der Frau J. Basanowa für Ohren-Nasen- und Halskrankheiten an der Moskauer Universität in Russland auf die zoologische Meeresstation in Villefranche (Alpes Maritimes) commandirt, und gelang es mir deselbst, dank der liebenswürdigen Beihilfe des Directors der Station Prof. A. A. Korotneff und des Stationsleiters Herrn M. M. Davidoff, eine Reihe Beobachtungen an der Familie der Pterotracheidae hinsichtlich ihrer statischen und Gehörfunktion anzustellen. Die Familie der Pterotracheidae besteht aus zwei Arten: *Carinaria mediterranea* Lam. und *Pterotrachea* (*mutica*, *coronata* etc.) Sie gehören zum VI Tierkreise—den Mollusca (Weichtiere), zur IV Classe—den Gastropoda (Bauchfüssler), III Ordnung der Heteropoda (Kielfüessler). Sie halten sich im Mittelländischen Meere auf, wo man sie gewöhnlich zwischen October und Mai, hauptsächlich im Februar und März antrifft. Im Sommer sind sie gar nicht zu erblicken, weil sie sich in tiefere, kalte Wasserschichten versenken.

Heteropoda <sup>1)</sup>—3-te Ordnung—Pelagische Gastropoden mit flossenähnlichem Fuss, grossem, schnauzenförmig vortretendem Kopfe und hochentwickelten beweglichen Augen; getrennten Geschlechts.

Der Körper der Heteropoden ist meist gestreckt cylindrisch und verlängert sich in einen rüsselförmig vorragenden Kopf. Die Haupteigentümlichkeit des Leibes beruht auf der Bildung des Fusses, dessen Vorder- und Mittelteil zu einer blattförmigen und oft einen Saugnapf tragenden Flosse umgestaltet ist, während der hintere Abschnitt eine bedeutende Streckung erhält und weit nach hinten gerückt die schwanzartige Fortsetzung des Rumpfes zu bilden scheint.

An und für sich ist der Rumpf oder der Eingeweidetasack kleiner als die übrigen Teile des Körpers; er bildet ein an der Grenze des hinteren Fusses vortretendes Knäuel, das vom Mantel, von einer hutförmigen Schale (*Carinaria*) bedeckt wird; bei den *Pterotrachea* ist er im Verhältniss zum Fuss und den übrigen Teilen des Körpers sehr klein und ist von einer metallglänzenden Haut überzogen, während er der Schale vollkommen entbehrt. Das Nervensystem erlangt die höchste Entwicklung unter den Gastropoden überhaupt und bildet den cerebralen, pedalen und Schlundknoten. Die zwei grossen Augen liegen neben den Fühlern in besonderen Kapseln, in denen sie durch Muskeln bewegt werden. Die grosse Gehörblase empfängt vom Gehirn einen langen Hörnerven und ist nicht nur durch die merkwürdigen Schwingungen der langen Wimperbüschel ihres Epithels, sondern auch durch das Verhalten der Nervenzellen (Haarzellkreise der *Macula acustica* im Umkreis einer grossen Centralzelle) ausgezeichnet. Die Heteropoden sind durchwegs pelagische Tiere, die oft scharenweise in den wärmeren Meeren auftreten. Ihr Körper ist häufig durchsichtig, sonst auch milchfarben. Sie erreichen zuweilen die Länge von 20 und mehr ctm. Sie bewegen sich ziemlich schwerfällig, mit nach oben gekehrter Bauchfläche durch Hin- und Herschlagen des gesammten Körpers und der Flosse; alle ernähren sich vom Raube <sup>2)</sup>.

<sup>1)</sup> C. Claus. Lehrbuch der Zoologie. 1885.

<sup>2)</sup> Ausführliche Beschreibung siehe: C. Gegenbaur, Untersuchungen über Pteropoden und Heteropoden. Leipzig 1855.

Bevor ich die Versuche an den Pterotracheidae begann, suchte ich den Charakter und die typischen Sonderheiten der Bewegungen dieser Tiere klarzulegen. Ich hielt die Tiere in cylindrischen Gläsern von einem Durchmesser von 20—40 ctm.

*Carinaria mediterranea*. (Fig. 1). Sowohl die grossen (10 und mehr Ctm. Länge), als auch die kleinen Exemplare schwimmen immer mit nach oben gekehrter Bauchfläche, indem sie also die Flosse vertikal nach oben richten. Figur 1. zeigt uns die *Carinaria* in solcher Lage, wie sie, vom gewöhnlichen

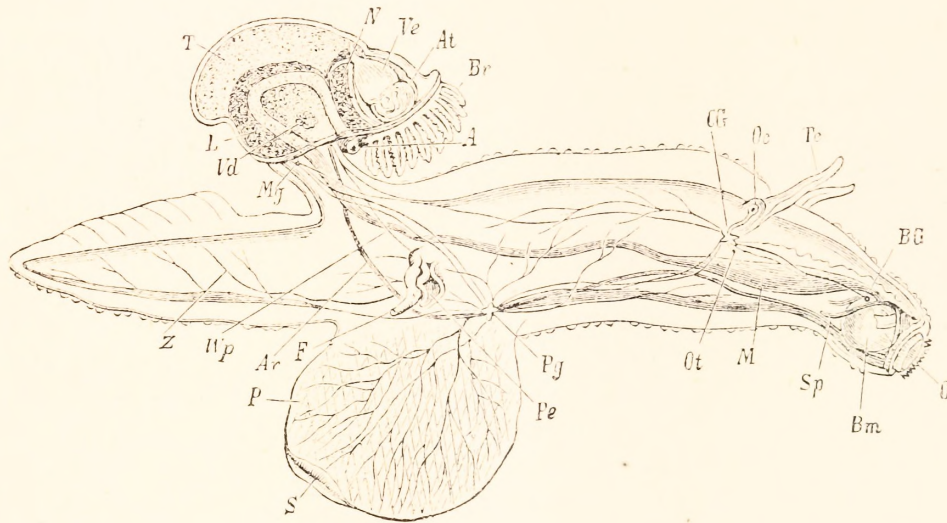


Fig. 1. Männchen von *Carinaria mediterranea*, nach Souleyet, Gegenbaur und Kefenstein. *P.*—Fuss, *S.*—Saugnapf. *O.*—Mund, *Bm.*—Buccalmasse, *M.*—Magen, *Sp.*—Speicheldrüsen, *L.*—Leber, *A.*—After, *CG.*—Cerebralganglion, *Te.*—Tentakeln, *Oe.*—Augen, *Ot.*—Gehörblasen, *BG.*—Buccalganglion, *Pg.*—Pedalganglion, *Mg.*—Mantelganglion, *N.*—Niere, *Br.*—Kiemen, *At.*—Atrium, *Ve.*—Ventrikel, *Ar.*—Körperarterie, *Z.*—hinterer Ast derselben, *T.*—Hoden, *Vd.*—Vas deferens, *Wp.*—Wimperrinne, *Pe.*—Penis, *F.*—Flagellum mit Drüse.

Standpunkte betrachtet, sich uns darbieten müsste, d. h. mit nach unten gekehrter Bauchfläche, den Rücken nach oben gewandt. Um sich die Lage des Tieres während des Schwimmens vorzustellen, genügt es die Zeichnung umzukehren. In solcher Lage schwimmt das Tier an der Oberfläche des Wassers, im Innern des Gefässes und am Boden. Während des Schwimmens übt es Bewegungen mit der Flosse aus, wobei dieselbe von einer Seite auf die andere hinüberfällt. Im Allgemeinen ähneln die Bewegungen dieser Tiere den Bewegungen der Fische.

Wenn man das Tier künstlich aus seiner gewöhnlichen Lage bringt, d. h. mit Hilfe eines Glasstöckchens es so umdreht, dass die Flosse nach unten gerichtet ist, so nimmt es in demselben Augenblick wieder die frühere Lage an. Von kreisförmigen Bewegungen habe ich nichts bemerken können.

*Pterotrachea* (*mutica*, *coronata*). Die grossen Exemplare (Fig. 2) davon unterscheiden sich in den Bewegungen gar nicht von den *Carinaria*.

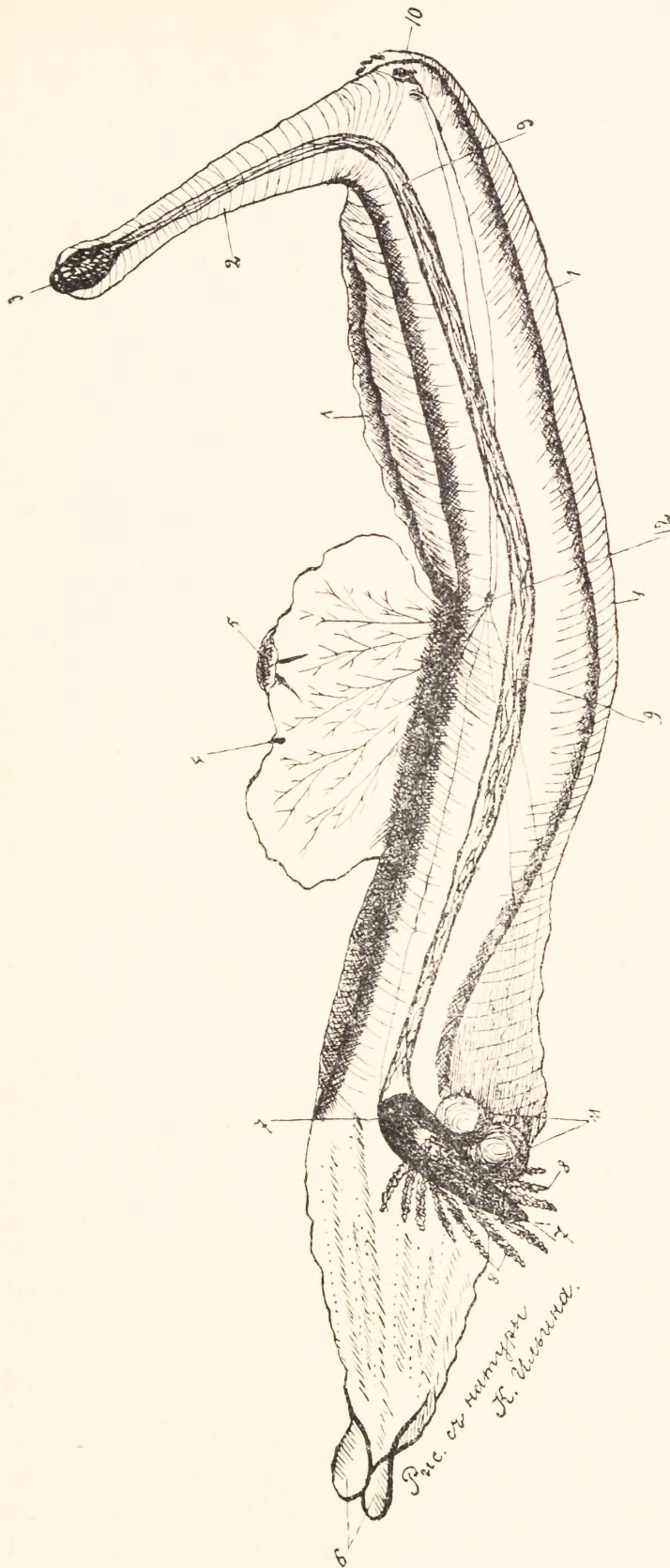


Fig. 2. *Pterotrachea coronata* von der Seite aus gesehen: 1—Mantel, 2—Rüssel, 3—Mund, 4—Flosse, 5—Saugnapf, 6—Schwanzende, 7—Eingeweidesack, 8—Kiemen, 9—Verdauungscanal, 10—Auge, 11—Herz, 12—Pedalknoten.

Die kleinen Exemplare der *Pterotrachea* (3 ctm. und wenig mehr) schwimmen verschiedenartig: entweder schwimmen sie, wie die *Carinaria* und die grossen *Pterotrachea*, mit vertikal und nach oben gerichteter Flosse, oder—auf der Seite und im Kreise an der Oberfläche des Wassers, den Schwanz und die Flosse hin und herbewegend, wobei die letztere immer dem Centrum des Kreises zugewandt ist. Diese ihre Kreisbewegungen sind vom physikalischen Standpunkte aus betrachtet völlig verständlich. Schwimmt das Tier auf der Seite, natürlich mit dem Kopfe voran, so leisten Kopf und Rüssel seinem Fortbewegen Widerstand. Da die dem Kopfe und dem mit ihm verbundenen Körper entsprechende Widerstandsfläche kleiner als die dem Rüssel entsprechende ist, so bieten sich auch den Bewegungen des Kopfes vorwärts weniger Hindernisse, als den Bewegungen des Rüssels. Letzterer wird in den Bewegungen zurückbleiben, während der Kopf voraneilen wird, jedoch zur Seite hin und nicht in gerader Linie.

Der Körper des Tieres wird also einen Kreis ziehen. Diese Abweichung hat viel Ähnlichkeit mit derjenigen eines Bootes, das infolge des Steuerns aus der geraden Bahn gebracht wird. Schwimmt das Tier nicht, so liegt es entweder mit nach oben gerichteter Flosse, oder auf der Seite, oder auch mit nach unten gekehrter Flosse wie an der Oberfläche des Wassers, so auch am Boden des Gefässes. Wenn man dann die *Pterotrachea* mit einem Glasstöckchen anrührt, so

fängt sie gleich an zu schwimmen, indem sie die Flosse nach oben richtet. Bei Bewegung des Schwanzes und der Flosse schwimmt das Tier niemals mit nach unten gekehrter Flosse, ebenso vollführt es auch keine anderen kreisförmigen Bewegungen ausser den angegebenen.

Die Gehörbläschen bei den Pterotracheidae befinden sich in unmittelbarer Verbindung mit dem Cerebralganglion. Wie man aus den beiliegenden Darstellungen (Fig. 3 u. 4) sieht, ziehen sich vom Ganglion cerebrale, ganz selbstständige Zweige sowohl zu den Augen, als auch zu den Gehörbläschen.

Die Bläschen scheinen durch die schleimige, völlig durchsichtige Körpermasse aller Pterotracheidae hindurch und stellen zwei matte milchfarbene Punkte dar; nur bei einigen Exemplaren der Carinaria kann man die Gehörbläschen nicht unterscheiden, manchmal sieht man sie, aber auch dann sehr schlecht. Dies hängt davon ab, dass der Mantel dieser Exemplare sehr dick ist und infolge der sich im Körper der Tiere ansammelnden Kalksalze eben-

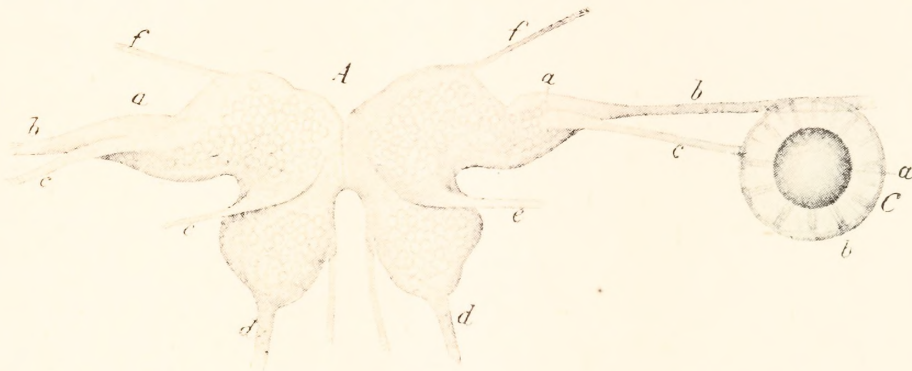


Fig. 3. (Aus Gegenbaur) Der obere Schlundknoten (Gehirn) mit dem Sehnervast und dem Gehörbläschen. A. Das obere Hirnganglion. a) Ganglion für den Hör- und Sehnerven. b) Sehnerv. c) Hörnerv. d) Commissurstränge zum unteren Schlundganglion führend (ganglion pedale). e. f) Nerven zur Hülle. C. Gehörorgan. a) Otolith. b) Die Wimperbüschel des Gehörbläschen.

dieselbe Farbe besitzt wie die Bläschen, sodass letztere entweder gar nicht, oder kaum zu bemerken sind. Das Entfernen der Gehörbläschen bei den Carinaria bewerkstelligte ich mit spitzen Pincetten, die ich ein wenig geöffnet eindringen liess, sie so führte, dass das Gehörbläschen zwischen die Arme derselben kam, die ich dann zusammenpresste und herauszog. Beim Durchstechen mit den Enden der Pincetten der sehr dicken und ziemlich harten Körperhülle, zieht das Tier die Augen ein, wodurch es die Bläschen verdeckt, so dass man gezwungen ist abzuwarten, bis es sich beruhigt und die Augen wegschiebt—dann führt man die Pincetten zu dem Gehörbläschen, das man damit erfasst und herausnimmt. Bei dieser Operation wird das Tier aus dem Wasser genommen und in der linken Hand gehalten. Der Fuss desselben kommt auf den 3 letzten Fingern dieser Hand zu liegen, der Bauch und die Flosse berühren die Handfläche und die Rückenseite ist dem Operator zugewandt. Der Rüssel befindet sich zwischen dem Zeige- und Mittelfinger, von denen er festgehalten wird, sodass das Tier ihn nicht bewegen kann; der Kopf wird mit dem grossen Finger gehalten. Durch diese Art des Haltens wird das Tier aller Bewegungen beraubt, und kann man ungestört die Operation vollenden.

Bei den Pterotrachea geht das Entfernen der Bläschen viel leichter und bequemer von statten. Die äussere Hülle ihres Mantels ist sehr dünn und das Durchstechen derselben dem Tiere schwach fühlbar, also von keiner so starken reflectiven Muskelarbeit begleitet, wie bei den Carinaria.

Es bewegen sich wohl die Augen dabei, jedoch sind diese Bewegungen so schwach, dass sie die Bläschen nicht verdecken und die Entfernung derselben nicht stören. Die äussere Decke des Mantels ist bei den Pterotrachea nie mattfarben, so dass man die Ganglien, die Nervenäste, die von ihnen ausgehen, die Augen und die hinter ihnen liegenden Gehörbläschen deutlich sehen kann. (Fig. 4 u. 5).

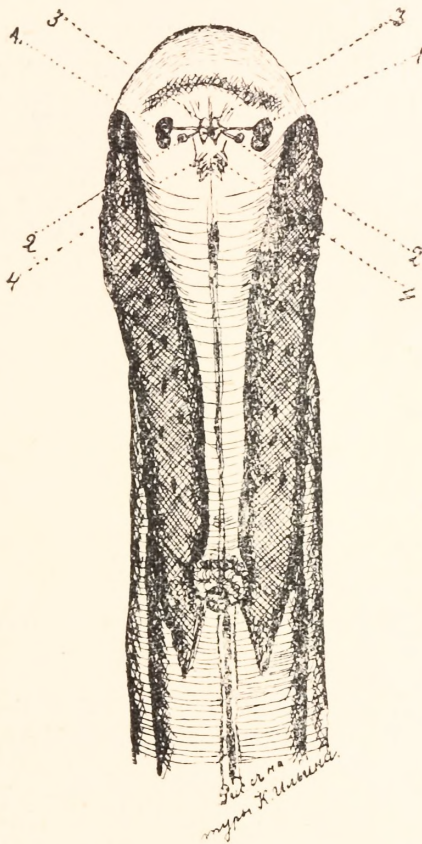


Fig. 4. Pterotrachea von der Bauchseite aus gesehen; der Rüssel ist zum Schwanze hin ein wenig in die Länge gezogen und schmiegt sich eng an den Körper. 1.1.—Augen, 2.2.—Gehörbläschen, 3.3.—Ganglion Cerebrale, aus 2 Hälften bestehend. 4.4.—Tubercula frontalia.

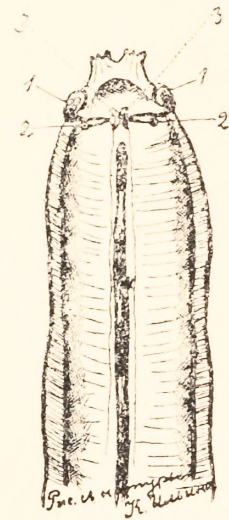


Fig. 5. Pterotrachea von der Rücken-  
seite aus gesehen (während der Operation) 1.1.—Augen, 2.2.—Gehörbläschen,  
3.3.—Ganglion cerebrale.

Bei den grossen Pterotrachea wird die Entfernung der Bläschen mit Pincetten bewerkstelligt. Man hält sie ebenso, wie die Carinaria, in der linken Hand, da aber ihr schleimiger Körper sehr zart u. zerbrechlich ist und, aus dem Wasser gehoben leicht in der Hand zergehen kann, so musste man sie im Wasser halten und durfte nur den Kopf herausstrecken. Das Entfernen der Bläschen mit Pincetten ist bei den kleinen Exemplaren der Pterotrachea wegen ihrer Winzigkeit nicht gut möglich, da man damit leicht das Auge

oder das Ganglion beschädigen kann, auch weil die Gewebe stark verletzt werden. Ich that es deshalb mit einer ganz feinen Nadel, mit deren Spitze ich das Bläschen von allen es umgebenden Geweben befreite, es losrüttelte, vom Nerven losriss und danach herausnahm. Gehalten wurde es auch in der linken Hand, nur kamen Körper und Fuss des Tieres nicht auf der Handfläche, sondern auf dem mittleren Finger zu liegen: das Tier befand sich auch im Wasser, nur der Kopf ragte daraus hervor. Gleich nach Beendigung der Operation liess ich es ganz ins Wasser gleiten und gab ihm in seinen Bewegungen die vollste Freiheit.

Das Material, das mir zur Verfügung stand, teilte ich so ein, dass ich bei einigen Tieren nur ein Bläschen entfernte, um zu erfahren, ob das übriggebliebene das andere ersetzen kann, bei anderen—alle beide, wobei ich auf ihren Zustand nach Verlust ihres ganzen Otolithenapparates achtete.

Ausserdem wurde ein Teil der Tiere der Augen beraubt, um den Einfluss dieser Entfernung klarzustellen, ein anderer—der Augen und Bläschen zugleich, um zu sehen, zu was für einem Resultate die gleichzeitige Entfernung dieser zwei so wichtigen Organe führt.

Das Entfernen eines Gehörbläschens. Das Entfernen nur eines Bläschens vollführte ich an 20 Exemplaren. Gleich nach der Operation zeigte sich bei einigen der Tiere eine gewisse Schläffheit, ihre Bewegungen waren nicht so genau und frei, wie bei den Nichtoperirten. Diese Unregelmässigkeit der Bewegungen bemerkte ich gewöhnlich nur in den ersten Minuten nach der Operation, die Tiere erholten sich sehr bald, schwammen ganz regelmässig, so dass man sie nicht mehr von Unverletzten unterscheiden konnte. Bei dem grösseren Teile der Tiere verursachte die Operation jedoch gar keine Veränderung in den Bewegungen; sie schwammen ganz wie die gesunden.

Die Entfernung der Augen. Die der Augen beraubten Tiere (14 Exemplare) äusserten keinerlei Störungen in den Bewegungen. Bei den grossen Pterotracheidae entfernte ich die Augen mit Hülfe von Pincetten, bei den kleinen—mit einer Nadel, womit ich einen Einstich ins Auge machte, um den Crystall einen Kreis zog und, nach Ausdrückung des Crystals, die Pygmentschicht entfernte.

Das Entfernen beider Gehörbläschen. Das Entfernen beider Gehörbläschen bewerkstelligte ich an 52 Exemplaren, wovon 2—*Carinaria* und 50—*Pterotrachea* (*coronata* und *mutica*) waren.

#### 1. Eine grosse Pterotrachea.

Regelmässiges Schwimmen vor der Operation. Nach Entfernung beider Bläschen fing das sich selbst überlassene Tier an, kreisförmige Bewegungen im vertikalen Flächenraum mit zum Kreiscentrum gerichteter Flosse zu vollbringen. Von Zeit zu Zeit hören die kreisförmigen Bewegungen auf und das Tier sucht in die normale Lage, d. h. mit nach oben gekehrter Flosse, zu kommen. Dieser Versuch ist aber ganz erfolglos, denn kaum hat das Tier, nach vielen Anstrengungen, die Flosse in die vertikal nach oben gerichtete Lage gebracht, so fällt letztere gleich wieder auf die Seite und die Arbeit fängt von neuem an.

2. Eine grosse Pterotrachea. Bewegt sich nach der Operation grösstenteils an der Wand des Gefässes, indem sie kreisförmige Bewegungen im vertikalen Flächenraum macht. Manchmal sinkt sie zu Boden, stellt sich auf den Kopf, da es ihr aber unmöglich ist in dieser Lage zu bleiben, so fällt sie wieder auf die Bauchfläche, wonach sie sich wieder auf den Kopf zu stellen beginnt. Diese Bewegung hat viel Aehnlichkeit mit dem Purzelbaumschlagen. Thut das Tier keine kreisförmigen Bewegungen, so schwimmt es mit nach unten gerichteter Flosse.

3. Eine kleine Pterotrachea. Schwimmt nach der Operation entweder der schmalen Spirale oder der die Länge des Körpers durchschneidenden Achse nach. Mit nach oben gerichteter Flosse kann das Tier nicht schwimmen.

4. Eine kleine Pterotrachea. Nach Entfernung der Bläschen vollbringt sie keine kreisförmigen Bewegungen. Sie schwimmt mit nach unten gekehrter Flosse; der Versuch in die Lage mit nach oben gerichteter Flosse zu kommen, wird von keinem Erfolge gekrönt.

Man muss bemerken, dass man alle Pterotracheae nur in den ersten Stunden nach der Operation beobachten kann, da sie zum Abend des Operationstages ganz schlaff werden und meistens auf dem Boden liegen, wo sie sich kaum rühren. Den nächsten Tag geben sie sehr schwache Lebenszeichen von sich.

5. Eine *carinaria mediterranea*. Im Verlauf von 3 Tagen äusserte das Tier starke Störungen in den Bewegungen. 1) Es vollbrachte kreisförmige Bewegungen im vertikalen Flächenraum, 2) es schlug auf dem Boden des Gefässes Purzelbäume und 3) es machte auf der Seite liegend am Boden des Gefässes um die den Kopf des Tieres durchschneidende Achse kreisförmige Bewegungen im horizontalen Flächenraum. Am vierten Tage hörten die kreisförmigen Bewegungen auf, die Gleichgewichtsstörung—die sich in der Unmöglichkeit in die Lage mit nach oben gerichteter Flosse zu kommen, kundgab—blieb. Das Tier schwamm auf der Seite mit horizontal gelegener Flosse.

Die gleichzeitige Entfernung der Augen und Bläschen verursachte ganz dieselben Störungen wie die Entfernung der Bläschen allein.

Auf Grund der angegebenen Experimente sieht man, dass das Entfernen der beiden Gehörbläschen Störungen in den regelmässigen Bewegungen des Tieres erzeugt; einerseits entsteht eine unnormale Lage des Körpers: anstatt dass das Tier mit vertikal nach oben gerichteter Flosse schwimmt, bewegt es sich mit horizontal gelegener oder nach unten gelegener Flosse, die normale Lage der Flosse kann es nicht mehr annehmen; andererseits treten Bewegungsstörungen hervor in der Art, dass das Tier bald unwillkürlich kreisförmige Bewegungen im vertikalen Flächenraum vollbringt, bald der die Länge des Körpers durchschneidenden Achse nach. Manchmal tragen diese Drehungen den Charakter von Purzelbäumen, manchmal wieder macht das Tier Spiralbewegungen. Wodurch können denn solche Bewegungsstörungen hervorgerufen werden? Augenscheinlich durch den Verlust des wichtigsten statischen und dynamischen Organes der Pterotracheidae,—die Zerstörung des Gehörbläschens. Um solche Bewegungsstörungen hervorzurufen, muss man beide Bläschen entfernen, denn die Entfernung nur eines derselben erzeugt gar keinen

Effekt. Vielleicht hängen diese Störungen von den traumatischen Beschädigungen, von der Reizung des Nerven oder des Centralganglion beim Entfernen der Blase ab? Setzen wir dies voraus, so müssen wir auch zugeben, das bei dem Trauma, welches durch Entfernung der Augen verursacht wird, dieselben Bewegungsstörungen eintreten müssen, denn hierbei ist man gezwungen das Auge von dem ziemlich dicken Sehnerv abzureissen; in Wirklichkeit ist dies nicht der Fall: die der Augen beraubten Tiere unterscheiden sich, wie wir schon gesehen haben, in ihren Bewegungen durch gar nichts von den gesunden Tieren. Ich beschädigte das Tier dann künstlich, indem ich die Körpermasse wie vor, so auch hinter den Bläschen durchstach—keine Bewegungsstörungen traten hervor. Wir haben ausserdem gesehen, dass durch die Entfernung nur einer Blase keine Störungen hervorgerufen werden; das Tier bewegt sich normal, woraus man ersieht, dass die Funktion zweier Bläschen durch die Funktion nur eines derselben ersetzt werden kann. Man braucht jedoch nur das übriggebliebene Bläschen zu vernichten, was ich auch mehrere Male gethan, und die oben angegebenen Bewegungsstörungen lassen nicht lange auf sich warten. Ausser der Entfernung der Gehörblasen nahm ich auch das Durchschneiden der Stränge, die von den Ganglien zu den Blasen führen, vor, wie auch die Zerstörung des Ganglion selbst. Der Durchschnitt der Gänge nur auf einer Seite—erzeugt gar keine Bewegungsstörungen, wogegen nach dem Durchschneiden derselben auf beiden Seiten man dieselben Störungen bemerkt wie beim Entfernen beider Bläschen.

Durch die Vernichtung des Cerebralganglion (Zerquetschung mit Pincetten) verliert das Tier die Fähigkeit beim Schwimmen die Lage mit nach oben gerichteter Flosse anzunehmen, von Drehbewegungen ist keine Spur. Das Vernichten des Ganglion pedale (Zerquetschung mit Pincetten) rief eine totale Lähmung der Bewegungen hervor. Das aus der Hand gelassene Tier sank langsam zu Boden, wo es auch regungslos, mit der Flosse nach unten, liegen blieb, ohne auf irgend welche Stösse zu reagieren. In dieser Lage blieb es auch den nächsten Tag, und nur die Zuckungen des Herzens zeigten an, dass noch Leben in dem Geschöpfe ist. Der Versuch die Anästhesie der Bläschen durch eine schwache Cocainlösung hervorzurufen, wurde von keinem Erfolge gekrönt;—eine isolirte Anästhesie der Bläschen zu bekommen gelang mir nicht, da die Injektionsflüssigkeit sich ganz in den Geweben ergoss, das Cerebralganglion erreichte, ja sogar bis zum Ganglion pedale ging.

Ein Centrifugieren der Tiere in einem Kreise von 65—70 ctm., bei einer Schnelligkeit von 55—60 Kreisen in der Minute, rief keinerlei Bewegungsstörungen hervor. Auf Grund der angeführten Versuche an den Pterotracheidae kann man mit Bestimmtheit behaupten, dass das Gehörbläschen bei diesen Tieren ein statisches Organ bildet, das die Bewegungen des Tieres regulirt und ihm seine normale Lage beizubehalten hilft. Hierbei bietet die Frage Interesse, ob das Bläschen die Funktion, infolge derer es das «Gehörbläschen» genannt wird, ausübt? Ioh. Ranke folgerte aus seinen Experimenten an den Pterotracheae <sup>1)</sup>, dass die Bläschen bei Letzteren wirklich das Gehörorgan

<sup>1)</sup> Ioh. Ranke, Der Gehörvorgang u. d. Gehörorgan bei Pterotrachea, Zeitschr. für wissensch. Zoologie Bd. 25. Supplementheft, p. 77—102.

bilden. Er befestigte die Pterotrachea so, dass dieselben sich nicht rühren konnten, legte sie unters Mikroskop und beobachtete die Erscheinungen, welche bei Erzeugung eines Tones im Bläschen vor sich gingen. Das Gehörbläschen der Pterotrachea ist mit Zellen bedeckt, an welchen Wimpern (Cilien) sitzen (Siehe Fig. 3). An einer Stelle des Bläschens, gegenüber dem Eingang des Nerven, erreichen die Zellen ihren grössten Umfang, insbesondere die mittlere, wobei die Ciliae fehlen, dagegen Hörstäbchen die Zellen bedecken. Im Centrum des Bläschens befindet sich der Otolith. Wenn man in der Nähe des Tieres einen Ton hervorrufft, so erheben sich die Wimpern mit Blitzesschnelle und drücken den Otolithen an den Hörfleck, mit dessen Hörstäbchen sie augenscheinlich in Berührung kommen. In dieser Lage bleibt der Stein eine Zeit lang.

Erzeugt man nochmals einen Ton, so nähert sich der Otolith noch mehr dem Hörfleck. Wie er den Ton hervorrief und in welcher Höhe, teilt Ioh. Ranke nicht mit.

Um ein Tier bei Erzeugung eines Tones unter dem Mikroskop beobachten zu können, legte ich es in ein mit Wasser gefülltes Gefäss und befestigte es mit Nadeln an Korkstücke, die ich an den Boden des Gefässes angeklebt hatte, oder an eingegossenen Paraffin. In solcher Lage kann das Tier mehrere Stunden leben, wenn man das Wasser wechselt.

Bei Beobachtung durch das Mikroskop, ohne Tonerzeugung, sieht man, wie sich die Wimpern von Zeit zu Zeit alle zugleich heben, an den Otolithen drängen und ihn festhalten. Ausser dem Erheben aller Wimpern kann man ein fast fortwährendes Bewegen derselben, bald an einer, bald an einer anderen Stelle des Bläschens bemerken. Man sieht, wie sich die einen Härchen erheben, die anderen senken. Da die Hebungen der Wimpern zwar rasch, jedoch nicht gleichzeitig vor sich gehen, so vollführt der Otolith beinahe Schwankungen im Bläschen, wobei er sich manchmal sehr dem Hörfleck nähert und auf solche Weise excentrisch zu liegen kommt, manchmal liegt er auch im Centrum des Bläschens. Wenn man einen Ton hervorrufft—ich erzeugte ziemlich hohe Töne vermittelst einer Tasse und eines Glases, an die ich mit einer Scheere stiess,—geschehen das Heben der Wimpern und die Bewegungen des Otolithen nicht; man braucht jedoch nur mit demselben Glase auf den hölzernen Tisch zu stossen, so erheben sich die Wimpern sofort, pressen sich an den Otolithen und rufen die erwähnten Bewegungen desselben hervor. Wiederholt man den Ton sofort, fassen die Wimpern den Otolithen noch fester, ein weiteres Stossen macht jedoch keinen Eindruck mehr—die Wimpern senken sich. Nach einiger Zeit der Ruhe, kann man durch erneuertes Stossen mit dem Glase auf den Tisch die Wimpern wieder zum Heben veranlassen. Ich versuchte meine Beobachtungen mit dem Mikroskop auf dem Marmorfensterbrett anzustellen. Schlägt man an das Fensterbrett mit einem beliebigen Gegenstande, so ruft dies keinerlei Bewegungen der Härchen hervor, man braucht aber nur mit demselben Gegenstande an das Objekttschchen des Mikroskopes zu stossen, und sofort heben sich die Wimpern und pressen sich an den Otolithen. Manchmal berührte ich mit einer Nadel den Kopf des Tieres, ja sogar nur die Wasserfläche,—in diesen Fällen traten dieselben Er-

scheinungen auf, wie beim Stossen an den Holztisch oder an das Objekttschchen des Mikroskops. Offenbar erreichen die aus der Luft kommenden Tonwellen das Gehörbläschen nicht; letzteres nimmt nur solche Wellen auf, die bei Stößen oder Tönen, welche ein Beben hervorrufen, erzielt werden. In unserem Falle geschah dies beim Schlagen auf den Tisch oder auf das Objekttschchen des Mikroskops. Mit anderen Worten gesagt, nimmt das Tier den Ton nicht als Gehör-, sondern als Gefühlsempfindungen auf. Geben wir z. B. zu, dass das Bläschen eine Gehörfunktion besitzt, wozu existirt in demselben der Otolith? Schreibt man ihm die Eigenschaft des Dämpfens zu, indem er nach jedem Tone vermittelt der Härchen sich an das Hörfleckchen drängt, so muss man wieder die Frage stellen: weshalb heben sich die Härchen aber nicht nach jedem Schlage; es scheint ganz, als wenn sie ermüden, da sie auf die ohne Anhalt aufeinanderfolgenden Schläge eine Zeit lang nicht reagiren. Ausserdem befinden sich die Wimpern, wie wir sahen, in fortwährender Bewegung, und von Zeit zu Zeit erheben sie sich und drängen sich an den Otolithen. Wenn im Bläschen immerwährende, manchmal von Bewegungen des Otolithen begleitete Schwankungen vor sich gehen, so ist es sogar schwer ein genügendes Funktionieren des Bläschens als Gehörorgan zu erwarten, da in demselben unabhängig vom Gehörakt Erscheinungen solcher Art vorkommen, wie sie nur beim Aufnehmen eines Tones sein dürften.

Stellen wir einen Vergleich mit den Gehörorganen der Tiere höherer Gattung an, so sehen wir, dass im vollkommensten Gehörapparat, der Schnecke, sich keine Otolithen befinden. Endlich liegen die Bläschen selbst, tief im Körper des Tieres in einer gallertartigen Masse, die zum Tonaufnehmen im höchsten Grade ungeeignet ist und mit dem Aussenraum in keiner Verbindung steht.

Wenn jedes einzelne Härchen nach einem bestimmten Tone gestimmt ist, in der Art wie, Hensen's Meinung nach, bei den Decapoda die Hörwimpern nach einem gewissen Tone gestimmt sind, so fragt es sich welche Töne die Tiere eigentlich im Wasser aufnehmen könnten? Die Tiefe selbst, wie auch ihre Bewohner, sind stumm, es ist dort von Tönen keine Spur, nichts ist zu hören, die Töne aus der Luft aber sind für die Meerbewohner ganz unnötig. Es bleibt also nur eine einzige Zulassung, dass das Otolithenorgan speciell bei den Pterotracheidae, wie bei den Wirbellosen überhaupt, ein für die Orientirung und ein progressives Bewegen im Raume bestimmtes Organ ist.

---

### Folgerungen.

1. Die sogenannten «Gehörbläschen» bei den Heteropoda sind kein Gehörorgan, sondern ein Gleichgewichtsorgan.

2. Die Entfernung nur eines Bläschens erzeugt keine Störungen in den Bewegungen, das verbleibende Bläschen kann das entfernte ersetzen.

3. Das Entfernen beider Bläschen ruft eine Bewegungsstörung in der Weise hervor, dass das Tier die Fähigkeit in die normale Lage, d. h. mit nach oben gerichteter Flosse, zu kommen verliert und in kreisförmige Bewegungen in vertikaler Richtung und der Längsachse des Körpers nach kommt.

4. Durch das Entfernen der Augen werden keine Bewegungsstörungen verursacht.

5. Die gleichzeitige Entfernung der Augen und der Bläschen ergibt dieselben Resultate, wie die Entfernung der Bläschen allein.

6. Bei Entfernung der Bläschen können die unverletzt gebliebenen Augen die Störungen in den Bewegungen nicht ausbessern.

7. Die Durchschneidung eines oder beider von den Gehörbläschen zum Nervenknotten führender Gänge gleicht dem Entfernen eines oder beider Gehörbläschen.

8. Das Vernichten des Kopfganglion verursacht die Unfähigkeit mit nach oben gerichteter Flosse zu schwimmen.

9. Durch das Centrifugieren werden keine Störungen erzeugt.

10. Die Vernichtung des Ganglion pedale ruft eine volle Lähmung der Bewegungen des Tieres hervor.

---

**Anmerkung.** Diese Arbeit war schon beendet, als in Pflüger's Archiv Band 74 ein Artikel des Herrn Dr. Th. Beer (Vergleichend-physiologische Studien zur Statocystenfunction. II. Versuche an Crustaceen (*Penäus membranaceus*) erschien, der die Beschreibung seiner Experimente an *Penäus membranaceus* (Crustacea) enthielt. Der Verfasser nahm an dieser Krebsart Folgendes vor: 1) Entfernung der Antennen—wobei er bei einseitiger Entfernung kreisende Bewegungen beobachtete, und zwar war die übriggebliebene Antenne dem Centrum, des Kreises zugewandt. Die zweiseitige Entfernung der Antennen rief keine Störungen in den Bewegungen hervor. 2) Die Entfernung der Gehörbläschen verursachte Bewegungsstörungen: das Tier schwamm auf dem Rücken, zog Kreise den verschiedenen Achsen nach. 3) Die Entfernung nur eines Bläschens rief Störungen gleicher Art, jedoch geringerer Stärke hervor. 4) Die Blendung der Tiere zog keine Störungen in den Bewegungen nach sich, gleichzeitig mit dem Entfernen der Bläschen aber verstärkte sie die Störungen. In einer Anmerkung zu seinem Artikel erklärt der Verfasser bei Heteropoda (*Pterotrachea mutica* et *coronata*) bei «Entstaltung» ähnliche Erscheinungen wie bei *Penäus membranaceus* gefunden zu haben (?); dieselben reagiren, wie er meint, auf den Schall nicht. Wie er die Experimente anstellte, teilt der Verfasser nicht mit.

---