

Ueber die Sinnesorgane der Seitenlinie bei Fischen und Amphibien.

Von

Franz Eilhard Schulze

in Rostock.

Mit Taf. IV, V und VI.

Leydig hat das Verdienst, das Seitencanalsystem der Fische, welches früher allgemein als ein drüsiger, Schleim absondernder Apparat angesehen wurde, zuerst für einen Sinnesapparat erklärt zu haben. Er stützte seine Ansicht durch den Nachweis zahlreicher in die Canäle eindringender und daselbst in besonderen knopfförmigen Gebilden endender Nervenfasern und lieferte nach mehrfacher Aenderung seiner ursprünglichen Angaben zuletzt in seinem Lehrbuche der Histologie S. 203 und S. 57 im Jahre 1857 folgende Darstellung des histologischen Baues dieser Nervenendknöpfchen.

Durch ein bindegewebiges, mit engem Blutcapillarnetz versehenes Stroma ziehen zahlreiche dunkelrandige Nervenfasern mit vielfachen Theilungen und allmäliger Verschmälerung sich radiär ausbreitend gegen die Oberfläche, welche von einer Lage auffallender, nach Aussehen und Gruppierung den Retinastäbchen gleichender Cylinderzellen bedeckt ist. Zwischen diesen letzteren werden faserige Züge, ganz vom Habitus blassgewordener Nervensubstanz bemerkt, welche in grubenförmigen Vertiefungen des Epithels mit einer zelligen Anschwellung enden und wahrscheinlich mit jenen Nervenfasern zusammenhängen.

Später entdeckte und beschrieb ¹⁾ ich in der Haut junger

1) Reichert und du Bois Reymond Archiv 1867. S. 759.

Fische eigenthümliche hügelartige Gebilde und deutete dieselben als den Nervenknöpfen der Seitencanäle entsprechende Endorgane der Seitennerven.

Aus dem ebenen oder leicht concaven Gipfel der einen solchen, wesentlich aus cylindrischen Epithelzellen bestehenden hügeligen Hauterhebung, in welche von unten her ein Nerv eintritt, sah ich eine Anzahl feiner starrer Haare rechtwinklig zur Oberfläche parallel ins Wasser hinausragen, sehr ähnlich den auf der *Crista acustica* der Ampullen gefundenen, nur bedeutend kürzer als jene. Diese starren Härchen liessen sich mit einer geringen conischen Verbreitung in gewisse helle, den Hügel selbst durchsetzende, andererseits aber mit den aufsteigenden Nervenfasern in Verbindung stehende Züge verfolgen, so dass auf einen direkten Zusammenhang der Haare mit den Nervenfasern geschlossen werden durfte. Ferner beschrieb ich eine zarte helle Röhre, welche von dem oberen, die haartragende Fläche des Hügels umgrenzenden Randsaum entspringt, das Haarbündel umschliesst und, dasselbe mehrmals an Länge überragend, an dem äusseren Ende offen und quer abgestutzt, rechtwinklig zur Oberfläche des Thieres frei ins Wasser hinaussteht.

Es muss befremden, dass eine Bestätigung dieser Beobachtungen von Seiten anderer Forscher bisher nicht nur vollständig ausblieb, sondern sogar in einer 1862 erschienenen Arbeit von R. M. Donell, *On the systeme of the lateral line in fishes* (Transactions of the royal irish academy. Vol. XXIV) wieder die alte Ansicht von der secretorischen Function des Seitencanalsystemes vertreten wird.

Um so mehr halte ich mich für verpflichtet, die Ergebnisse weiterer Untersuchungen über diesen Sinnesapparat, welche meine Angaben einestheils im Wesentlichen bestätigen, andernteils nicht unerheblich erweitern, jetzt, nachdem dieselben einen gewissen Abschluss erreicht haben, zu veröffentlichen.

Zur Aufsuchung der in Rede stehenden Organe ist es nur nöthig, irgend einen unserer gewöhnlichsten Knochenfische, Plötz, Barsch, Stichling, Gründling u. s. w. einige Tage oder besser Wochen nachdem er das Ei verlassen, in einem Wassertropfen lebend auf den Objectträger zu bringen und mittelst eines durch irgend welche Unterlage leicht gestützten Deckblättchens festzulegen. Um einen Sinneshügel von der Seite zu betrachten, wählt man zweckmässig die Seitengegend des Kopfes dicht hinter dem Auge, zur Unter-

suchung von oben empfehlen sich die an den Seiten des Schwanzes gelegenen Organe, welche man bei platt aufliegendem Schwanze, geleitet durch die letzten Ausläufer des Seitennerven unschwer entdeckt und selbst mit starken Objectivsystemen studiren kann. Ja, es sind nicht einmal so ganz junge Thierchen erforderlich, auch an dem abgeschnittenen, platt ausgebreiteten Schwanze erwachsener Plötze, Kaulbarsche u. s. w. kann man, wie ich vor einigen Jahren zu meiner eigenen Ueberraschung entdeckte, dieselben Gebilde, wenn auch weniger deutlich, finden, und bei den hier an der Warnowmündung häufigen *Gobius minutus* werden sie an dem vollständig ausgewachsenen Thiere überall, sowohl in der ganzen Seitenlinie als auch in deren Verzweigungen am Kopfe von der nämlichen Form angetroffen. Bei diesen letzteren Fischen kommt es aber niemals zur Entwicklung von Canälen in der Seitenlinie. Man wird daher auch die sonst für den ganzen Sinnesapparat gebräuchliche Bezeichnung »Seitencanalsystem« nicht mehr in diesem weiten Sinne anwenden dürfen; ich werde mich vielmehr künftig der einfachen und keine Theorie irgend welcher Art involvirenden Benennungen »Seitenorgane« und »Seitenorgansystem« als allgemeinen Ausdruck für das ganze System bedienen, mögen nun die betreffenden Organe in Form einfacher hügeliger Hautvorsprünge frei in's Wasser hinausstehen oder als von Leydig sogenannte Nervenknöpfe sich im Grunde röhrenförmiger Canäle befinden; haben wir es doch immer mit den Endorganen des Seitennerven (*N. lateralis*) zu thun.

Alle frei vorstehenden, hügel förmigen Seitenorgane der Fische bestehen im Wesentlichen aus einer Epithelerhebung und zeigen in Form und Bau grosse Uebereinstimmung. Der auf einer rundlichen Basis von etwa 0,1 Mm. Breite stehende Hügel besitzt eine anfangs ganz allmählich ansteigende, nach oben zu aber mehr bauchig vortretende Seiten- und eine quer abgestutzte Gipfel-Fläche. Diese letztere setzt sich mit einer leicht concaven Randpartie gegen die Seitenfläche ab, während sie im Uebrigen eben oder selbst schwach convex erscheint.

In dem Mitteltheile des Hügels selbst lässt sich eine Gruppe eigenthümlicher Zellen erkennen, welche von cylindrischer oder richtiger nach oben zu etwas conisch verjüngter Form, in je nach der Grösse des Organes wechselnder Zahl (10—40) nach Art eines Mei-

lers zusammenstehen und sämmtlich von der Basis bis zu der oberen querabgestutzten Endfläche reichen. Nicht in jedem Präparate treten dieselben gleich deutlich hervor; am Besten sah ich sie in der Seitenansicht bei gewissen Fischen, wahrscheinlich Brachsen, welche ich aus Laich erzog, der in der Warnow an Nymphäenblattstielen gefunden war. Hier konnte in dem breiteren unteren Endtheile einer jeden dieser etwa 0,01 Mm. langen Zellen ein heller rundlicher Kern deutlich erkannt werden (Taf. IV. Fig. 4). Ob die glänzenden rundlichen oder länglichen Körperchen, welche sich in dem Basaltheil der Seitenhügel regelmässig am Schwanze grösserer Plötze (Taf. IV. Fig. 5 u. 7) und Gründlinge (Taf. IV. Fig. 3) finden, auch derartige Zellenkerne sind, konnte nicht ganz sicher erkannt werden. Bisweilen sah ich an den Seitenorganen abgeschnittener Plötzschwänze, welche schon längere Zeit unter dem Mikroskope gelegen hatten, an Stelle dieser nicht mehr erkennbaren Cylinderzellen länglich birnförmige dunkelkörnige Massen (Taf. IV. Fig. 6), wahrscheinlich Zersetzungserscheinungen. In der Fig. 1 u. 2 meines Aufsatzes im Archiv für Anat. u. Physiol. sind die besprochenen Zellen zu schmal und zu dunkelrandig, so wie ohne den im unteren Ende befindlichen Kern dargestellt.

Nicht leicht ist es zu entscheiden, ob diese Elemente allein den ganzen Mitteltheil des Hügel ausmachen, oder ob zwischen denselben noch andere blassere Cylinderzellen vorkommen. Letzteres erscheint mir als das Wahrscheinlichere; jedenfalls umgiebt eine Lage solcher einfacher blasser Cylinderzellen die oben beschriebene Zellengruppe und bildet mit den oberen Endflächen die Randpartie des vorhin erwähnten Gipfelfeldes, während die Endflächen der von ihnen mantelartig eingeschlossenen Zellen den Mitteltheil dieses Feldes darstellen.

Die ganze Seitenfläche des Hügel wird von grossen flachen polygonalen Epithelzellen gedeckt, welche sich von den umgebenden Deckzellen der gewöhnlichen Epidermis in Nichts unterscheiden, und auch von denselben durch keine erkennbare Grenze geschieden sind. Bei manchen Fischen, besonders bei jungen Schollen und bei Gobins lassen sich an der äusseren Fläche dieser platten Deckzellen ebenso wie an den übrigen obersten Epidermiszellen eigenthümliche Linien-systeme erkennen. Diese Linien laufen einander und meistens auch den Seitenrändern der polygonalen Zellen selbst parallel, stellen daher in der Regel geschlossene Curven dar (Taf. IV. Fig. 1). Bisweilen

aber bilden sie auch mäandrische Liniensysteme, wobei sie hie und da frei aufhören (Taf. IV. Fig. 2). Mit dem stärksten der mir zu Gebote stehenden Objectivsysteme, Gundlach IX, gelang es, die scheinbaren Linien in Reihen deutlicher dunkler Punkte aufzulösen (Taf. IV. Fig. 1). Es kann wohl keinem Zweifel unterliegen, dass wir es hier mit ähnlichen Cuticularsaumporen zu thun haben, wie sie an den obersten Epidermiszellen der Neunaugen schon lange bekannt und von mir auch bei Knochenfischen bereits erwähnt sind (dieses Archiv Bd. III. S. 144).

Von unten her zieht gegen die Mitte der Basis eines jeden Hügels ein kleines Bündel Nervenfasern, welche plötzlich etwas divergirend auseinanderlaufen, am lebenden Thiere aber nicht weiter deutlich verfolgt werden können; höchstens gelingt es einmal von dem letzten Ende einer markhaltigen Faser einen helleren Zug bis zu einer der den Mitteltheil des Hügels bildenden Zellen zu verfolgen, wie ich dies schon in meiner ersten Publikation angab; doch möchte ich hierauf nicht grade viel Gewicht legen, da eine Täuschung gar zu leicht möglich ist.

Das Interessanteste und Auffallendste sind aber an den ganzen Hügeln jedenfalls die auf der Gipffläche stehenden starren Haare, welche durch ihr gleichmässiges und starkes Lichtbrechungsvermögen bei jeder Beleuchtung deutlich und scharf markirt mit eigenthümlichem Glanze hervortreten. Bei der Betrachtung von oben erscheinen sie im optischen Quer- oder Schrägschnitt als helleuchtende, dunkelrandige Punkte, welche man beim Heben und Senken des Tubus der Richtung der Haare entsprechend auf und nieder verfolgen kann. Wesentliche Unterschiede sind weder zwischen den Haaren eines Hügels noch denen verschiedener Fischarten aufzufinden. Alle erscheinen durchaus grade, starr, stets vollkommen unbeweglich und von absolut gleicher Länge, nach meinen letzten Messungen 0,014 Mm. lang; alle sind drehrund, von einem bis zum äussersten querabgestutzten Ende völlig gleichen aber sehr geringen Durchmesser, dessen Bestimmung sich wegen des starken Glanzes nicht mit hinlänglicher Sicherheit ausführen lässt. Am unteren Ende besitzen sie dagegen eine schon früher erwähnte konische Verbreiterung, mit der sie auf der ebenen Endfläche des Hügels wurzeln. Gewöhnlich sind die Haare einer Gruppe ganz parallel und rechtwinklig zur Oberfläche ihres Standortes gerichtet, doch sah ich sie zuweilen auch ein wenig nach aussen divergiren. In diesen letzteren Aus-

nahmefällen schien die Hügelfläche nicht vollständig eben, sondern leicht convex vorgewölbt zu sein. Auch zur ganzen Hautoberfläche des Fisches nehmen die Haare in der Regel eine senkrechte Stellung ein, doch ist hier und da, besonders häufig am Schwanz, die Axe der Hügel und damit auch der dieser gleich gerichteten Haarbüschel nicht grade seitwärts, sondern etwas nach hinten und aussen gerichtet. Die Zahl der auf einem Hügel beisammenstehenden Haare ist nicht überall dieselbe. Es kommen 20—40 und mehr zusammen vor. Bei ganz jungen Thieren und auf den hintersten Seitenorganen des Schwanzes traf ich die geringste Anzahl. Uebrigens ist nicht die ganze Endfläche des Hügels mit Haaren besetzt; stets bleibt eine Randzone frei, welche wie ein heller Saum die rundliche Gruppe der starkglänzenden Haarwurzeln umgiebt und jener concaven Grenzregion des im Uebrigen gewöhnlich ebenen Gipfeldes entspricht, von der schon oben die Rede war.

In allen Fällen, in denen sich die den Mitteltheil des ganzen Hügels wesentlich constituirenden Cylinderzellen mit hellem Kern deutlich erkennen lassen, sieht man die oben erwähnten conischen Basaltheile der Haare stets unmittelbar über den etwas verschmälerten peripherischen Enden jener Zellen liegen oder vielmehr auf denselben aufsitzen. Wenn nun auch durch einen solchen Befund der Zusammenhang der Haare mit jenen Zellen im höchsten Grade wahrscheinlich wird, so ist er zur Gewissheit geworden durch den bei anderen Seitenorganen an den isolirten Zellen geführten Nachweis, der weiter unten gegeben werden wird.

Als ein in verschiedener Beziehung höchst interessantes Gebilde bleibt uns jetzt noch jene helle zarte Röhre zu beschreiben übrig, welche an den frei vorstehenden Seitenorganen die Haare umschliessend angetroffen wird. Sie entspringt von dem Grenzrande der oberen abgestutzten Hügelfläche, ragt rechtwinklig zu dieser frei ins Wasser hinaus und hört an ihrem äusseren Ende quer abgestutzt und offen auf. Sie besteht ganz aus einer sehr dünnen, biegsamen, vollständig glashellen und structurlosen Membran, einer Gewebsformation, wie sie mir als freie, nirgends anliegende Bildung sonst nicht vorgekommen ist. Ihre Länge variirt bei den verschiedenen Fischarten so wie nach der Körpergegend und dem Alter der Thiere und beträgt durchschnittlich etwa 0,1 Mm. Ich glaubte früher, dass sie stets einen kreisförmigen Querschnitt habe. Diese Form scheint allerdings bei einigen Fischen, Barsch, Gründling u. s. w.

vorzukommen; viel häufiger habe ich jedoch in den letzten Jahren, als ich mehr auf diesen Punkt achtete, Röhren von länglich-ovalem Durchschnitte angetroffen (Taf. IV. Fig. 1). Eine sehr eigenthümliche Form besitzen sie an den Seitenorganen von *Gobius minutus*. Hier ist der Querschnitt ähnlich wie der Längsdurchschnitt einer Citrone gestaltet, also sehr länglich und in der Nähe der beiden schmalen Enden von den Seiten her eingebuchtet (Taf. IV. Fig. 2). Alle Röhren, mag ihr Durchschnitt rundlich oder oval oder wie sonst immer gestaltet sein, sind im völlig unversehrter Zustande stets grade und überall gleichweit; indessen kommen besonders bei nicht sehr sorgfältig behandelten Fischen leichte Falteilungen, besonders am peripherischen Ende, hie und da auch scheinbare Erweiterungen, Biegungen, Knickungen, ja völlige Torsionen und gänzliche Zerknitterung vor. Derartige Veränderungen lassen sich zuweilen durch Herumwerfen des Objectes unter dem Mikroskope erzeugen. Schon bei verhältnissmässig schwachen Strömungen des umgebenden Wassers bemerkt man ein leichtes Biegen und Hin- und Herflottiren.

Nicht an jedem Seitenorgan, welches zur Beobachtung kam, habe ich übrigens die Röhre gesehen. Vergeblich habe ich mich z. B. bemüht, sie auf den seitlich am Kopfe vorstehenden Hügeln junger Stichlinge, an denen die Haare grade ausgezeichnet scharf hervortraten, zu erkennen. Eine ganz eigenthümliche Modifikation erleidet diese helle Scheide an den Seitenorganen des Schwanzes mancher Fische. Beim Plötz und Rothauge schlägt sich nämlich zuweilen eine zarte, durchsichtige Membran nach Art einer Wagentasche von vorne und den Seiten her über den in einer molden- oder rinnenartigen Vertiefung zwischen zwei Schwanzstrahlen liegenden Sinneshügel weg, um, mit einem freien, concav ausgeschnittenen hinteren Rande aufhörend, die äussere Wand eines taschenartigen Hohlraumes zu bilden, dessen einzige Oeffnung nach hinten gerichtet ist, und in dessen blinden Grund das Haarbüschel des Seitenorganes hineinragt (Taf. IV. Fig. 5, 6 u. 7). Form und Länge dieser Taschen wechselt nicht unerheblich. Bald sind sie grade und parallelwandig überall gleichweit, bald ist die hintere Mündung enger, bald wieder weiter als der Gang selbst; sehr häufig findet sich an dem vorderen Grunde eine ampullenartige Auftreibung. Selten kommen sie an Länge den frei vorstehenden Röhren gleich, oft überragen sie die Haare nur um deren eigene Länge (Taf. IV. Fig. 7).

Ich habe schon mehrfach erwähnt und es von vorn herein als feststehend angenommen, dass die so eben beschriebenen hügel-förmigen Seitenorgane bei allen den Fischen, welche im erwachsenen Zustande ein Seitencanalsystem besitzen, zu den im Grunde jener Canäle liegenden, von Leydig zuerst näher studirten Nervenknöpfen werden, dass wir also in beiden Bildungen dasselbe Organ vor uns haben. Den Beweis für diese Behauptung liefert die Entwicklungsgeschichte der Seitencanäle, welche sich, wie ich schon in meiner ersten Abhandlung mittheilte, am Besten an der Schwanzwurzel junger Schollen (*Platessa vulgaris*) studiren lässt. Wie bei den meisten Fischen, so läuft auch hier ein Endast des N. lateralis an jeder Seite zwischen den beiden mittelsten Flossenstrahlen bis gegen das Ende des Schwanzes und giebt von Zeit zu Zeit kleine Aestchen zu den in einer langen Reihe geordneten, bei Fischen unter 15 Mm. Länge noch völlig freiliegenden Seitenhügeln ab. Untersucht man etwas grössere Fischchen dieser Art von 20—30 Mm., so bemerkt man bei einer von dem hinteren Schwanzende nach dem vorderen zu vorschreitenden Musterung der Seitenorgane zuerst neben einem derselben ein Paar längliche schmale lippenartige Hautvorsprünge, welche sich an beiden Seiten parallel den Flossenstrahlen erhebend mit ihren oberen convexen Rändern über dem Sinnesorgane selbst zusammenneigen. Dabei kann zunächst noch zwischen beiden eine mehr oder minder breite Spalte übrig bleiben, welche aber wegen der Convexität der Faltenränder in der Mitte grade über dem Sinneshügel am engsten ist, sich nach vorne und hinten zu dagegen schnell erweitert (Taf. IV. Fig. 8, oben). Betrachtet man nun das benachbarte, zunächst vordere Seitenorgan derselben Reihe, so findet man hier gewöhnlich schon eine vollständige Verschmelzung beider Hautfalten in ihren Mittelpartien, so dass nur vorne und hinten noch eine rundliche Zugangsöffnung zu dem von dieser Verbindung überwölbten Gange übrig bleibt, in dessen Mitte der haartragende kleine Hügel sich befindet, der jetzt zum Leydig'schen Nervenknopf geworden ist (Taf. IV. Fig. 8). Bisweilen gelingt es auch gerade das Stadium zu sehen, in welchem die beiden lippenartigen Hautfalten sich eben berühren oder wie in Fig. 9 auf Taf. IV dargestellt ist, sich etwas übereinander gelegt haben und gerade im Verschmelzen begriffen sind. Deutlich erkennt man durch die so neuentstandene, anfänglich noch durchscheinende Aussenwand des sich bildenden Seitencanals hindurch die in sein Lumen hineinra-

genden Haare des ehemaligen Seitenhügels; ja, ich habe hin und wieder selbst den optischen Querschnitt der die Haare umhüllenden hyalinen Röhre erkennen können; so dass also auch dieser accessorische Theil sich wenigstens eine Zeit lang noch in dem Seitencanal erhält.

Aehnliche, wengleich weniger klare Bilder kann man auch von anderen Fischen und aus anderen Körpergegenden erhalten; so finde ich z. B. unter meinen Zeichnungen die Abbildung eines Canales, welcher sich dicht neben dem Auge eines 30 Mm. langen Barsches befand, und durch die schon ziemlich dicke aber noch hinlänglich diaphane Aussenwand die starren Haare des Nervenügels deutlich hindurchschimmern liess. — Indessen würde, selbst wenn diese directen Beobachtungen des Ueberganges der einen Form der Seitenorgane in die andere nicht vorläge, die Identität beider schon aus der völlig übereinstimmenden Lage und ihrer gleichen Beziehung zu den Seitennerven erschlossen werden können, eine Uebereinstimmung, welche besonders deutlich da hervortritt, wo es selbst beim erwachsenen Thiere nicht zur Bildung von Canälen oder taschenartigen Vertiefungen kommt. Bei vollständig ausgewachsenen *Gobius minutus* kann man das System der Seitenhügel mit ihren frei ins Wasser hinausstehenden hellen Röhren, am Besten in der Ansicht von oben, am lebenden Thiere überblicken, wenn man dieses einfach in einem flachen Schälchen mit Wasser mit 30—50facher Vergrößerung untersucht. Man erkennt dann die senkrecht zur Hautoberfläche vorstehenden hyalinen Röhren und überzeugt sich leicht, dass sie nur da vorkommen, wo sich bei anderen Knochenfischen die Seitencanäle finden, also vor Allem in der ganzen Seitenlinie von der Gegend dicht hinter den Brustflossen bis zum letzten Schwanzende, dann aber auch in gewissen an den Seiten des Kopfes unter den Augen, über den Kiemendeckapparat und den Unterkiefer wegziehenden Linien. Nur die bei vielen Knochenfischen entwickelten Züge, welche über die Augen weggehen, konnten hier nicht erkannt werden, sei es, dass grade diese Züge wegen der nahe zusammengerückten Augen bei *Gobius minutus* überhaupt nicht entwickelt sind, oder dass sie bei der Rückenansicht des Thieres nicht deutlich genug hervortreten. Ueberraschend war es mir, die in der *Linea lateralis* am Rumpfe stehenden Seitenorgane nicht in einer dieser Linie entsprechenden Reihe einzeln hinter einander, sondern immer in kleinen Gruppen von 3—5 in senkrecht zur Seitenlinie

gerichteten Querreihen gestellt zu finden (Taf. V. Fig. 1). Auf dem bei flacher Ausbreitung leicht zu untersuchenden Schwanz von *Gobius minutus* sieht man jederseits zwei nahezu parallele Reihen von in annähernd gleichen Abständen einzeln hinter einander folgenden Seitenorganen, deren eine, entsprechend dem Nerven, welcher die direkte Fortsetzung des Seitennerven darstellt, zwischen den beiden mittelsten Strahlen der Flosse liegt, während die anderen in einem um drei Knochenstrahlen weiter dorsalwärts gelegenen Interstitium, einem dorsalen Aste des Seitennerven folgend, verläuft (Taf. V. Fig. 2). Am Schwanz der Scholle fand ich jederseits nur eine und zwar in der Mittellinie des Schwanzes gelegene Reihe.

Bei Gobins so wie bei allen Fischen, bei welchen die hellen, von den Spitzen der Seitenhügel sich erhebenden Röhren einen ovalen Querschnitt zeigen, sind diese mit ihrem grösseren Querdurchmesser senkrecht oder fast senkrecht zur Längsaxe des Thieres gestellt, während die Seitencanäle fast überall ganz oder annähernd mit derselben gleichgerichtet erscheinen.

So fördernd nun auch die mitgetheilten, an ganz jungen lebenden Fischen oder frisch abgeschnittenen Theilen gewonnenen Untersuchungs-Resultate für unsere Kenntniss des feineren Baues der Seitenorgane erscheinen mögen, so durfte doch daneben auch das Studium der ausgebildeten Organe im Grunde der bekannten Seitenkanäle an Macerations- und Erklärungspräparaten nicht vernachlässigt werden. Zu diesem Zwecke wählte ich die grossen Nervenknöpfe am Kopfe des Kaulbarsches, wesentlich mit Rücksicht auf die hauptsächlich an diesem Objecte ausgeführten Untersuchungen Leydig's.

Die bindegewebige Grundlage des eine flache Erhebung im Grunde eines Seitenkanals darstellenden Nervenknopfes, welche im Wesentlichen aus einem gallertigen, von vereinzelt feinen Fasern durchzogenen und an stern- oder spindelförmigen Bindegewebskörperchen reichen Gewebe besteht, ist durch ein engmaschiges Netz weiter Capillaren ausgezeichnet, welches sich dicht unter der Oberfläche ausbreitet, nur noch gedeckt von einer dünnen hyalinen Grenzlamelle. Ein verhältnissmässig starkes, aus 20—40 dicken markhaltigen Fasern bestehendes Nervenstämmchen zieht von der Seite her bis unter die Mitte der ganzen Erhebung und strahlt dann plötzlich nach oben umbiegend mit einem rundlichen Büschel in dieselbe aus. Nachdem hier die Fasern durch vielfache Theilung und streckenweises Aneinanderlegen ein kurzes Geflecht gebildet haben,

ziehen sie grade gegen die Oberfläche, treten durch die unregelmässig rundlichen Maschen des vorhin erwähnten Grenzcapillarnetzes, durchbohren die hyaline Grenzschicht und dringen als markhaltige Fasern mittlerer Dicke in das höchst eigenthümliche Epithel ein, welches die grade über der Nervenaustrittsstelle gelegene mittlere Partie der Hügeloberfläche deckt. — Die Hauptmasse dieser Epithelscheibe wird gebildet von ungewöhnlich hellen und auffallend langen (0,112 Mm.) Cylinderzellen, welche unter einander sehr ähnlich mit ebenen Endflächen in gleichem Niveau aufhören und sämmtlich, mit je einem ovalen grossen wasserklaren Kerne, der ein deutliches aber kleines Kernkörperchen enthält, unterhalb der Mitte versehen sind. Eine Aehnlichkeit mit Retinastäbchen, welche Leydig diesen Epithelzellen zuspricht, könnte sich, soviel ich sehe, höchstens auf das gleichmässig helle Aussehen der langen oberen kernlosen und körnchenfreien Endstücke beziehen, doch fehlt ihnen grade das jenen so eigenthümliche starke Lichtbrechungsvermögen und der dadurch hervorgerufene besondere Glanz. Als von diesen langen blassen Cylinderzellen gänzlich verschiedene Elemente werden in der obersten Region des ganzen Epithellagers zwischen denselben kurze, bauchige, im Allgemeinen birnförmig gestaltete Zellen mit stark körnigem Inhalt bemerkt. Dieselben lassen sich besonders gut an Nervenknöpfen studiren, welche einige Tage in einer Osmiumsäurelösung von 1 : 900 macerirten. Ganz abgesehen davon, dass diese birnförmigen Zellen durch die Einwirkung jenes Reagens tintenschwarz werden, und sich dadurch nicht nur isolirt, sondern auch in situ in den bei der Zerzupfung leicht in Form dünner Platten zu erhaltenden Zellengruppen scharf markiren, so treten an ihnen auch nur bei dieser Erhärtungs- und Macerations-Methode gewisse Strukturverhältnisse und besonders wichtige Anhangstheile deutlich hervor, welche mit keinem anderen Reagens so gut zu conserviren sind.

Der nach oben gewandte schmalere Theil des nur etwa 0,022 Mm. langen birnförmigen Zellenkörpers besitzt eine im Niveau der übrigen Epithelgrenze gelegene querabgestutzte Endfläche, aus deren Mitte sich ein mit conischer Basis versehenes feines, starres Haar von 0,014 Mm. Länge erhebt, während an dem unteren dickbauchigen Theil der Zelle, aus dessen Innern gewöhnlich der helle rundliche Kern hervorschimmert, sehr häufig ein nach abwärts ragender fadenförmiger, zuweilen sehr deutlich variköser Fortsatz gefunden wird (Taf. V. Fig. 3 u. 7). Die frei über die Epitheloberfläche hinaus-

stehenden starren Haare, welche allerdings an den Osmiumsäurepräparaten selten ganz unversehrt, gewöhnlich verbogen, oft auch knotig wie geronnen oder halberweicht zu Gesichte kommen, ja nicht selten gar nicht erhalten sind, gleichen ganz den oben beschriebenen Haaren der frei vorstehenden hügelartigen Seitenorgane, nur schien mir an den mit Osmiumsäure macerirten Zellen häufig die conische Verbreiterung des Basaltheiles weiter hinaufzureichen als bei jenen, so dass mehr der Eindruck einer allmählichen Zuspitzung der Haare gewonnen wurde.

Während nun zwischen den oberen Enden der langen hellen Cylinder etwa im äussersten Viertel der ganzen Epithelhöhe diese körnigen, haartragenden birnförmigen Zellen in ziemlich gleichmässiger Vertheilung (etwa 1—2 Zellenbreiten von einander entfernt) stehen, finden sich in der die übrigen drei Viertel umfassenden unteren Region Gebilde ganz anderer Art zwischen den nämlichen blassen Cylinderzellen ebenfalls ziemlich gleichmässig aber sparsamer als die Birnzellen vertheilt, Gebilde, welche man an Osmiumsäurepräparaten auf den ersten Blick als markhaltige Nervenfasern erkennt. Es sind derbe Fasern verschiedener aber meistens ziemlich beträchtlicher Dicke, von gradem, gewöhnlich der Längsrichtung der Cylinderzellen parallelen, oft aber auch diese schräg kreuzenden oder selbst fast horizontalen Verlaufe, deren heller Axenstrang von einer Hülle umgeben ist, welche durchaus das eigenthümlich grauschwarze, durchscheinende Ansehn des mit Osmiumsäure behandelten Nervenmarkes zeigt und sich zu 2—5, seltener mehr, starken spindelförmigen, in fast mathematisch gleichen Abständen geordneten Varikositäten verdickt. Eine Schwann'sche Scheide findet sich nicht, weshalb denn auch zuweilen das Mark hie und da abblättert oder wie zerbröckelt und eigenthümlich rauh erscheint. Hat man die Fasern aus der abgehobenen Epithelkuppe isolirt, so erscheint das obere wie das untere Ende quer abgerissen, nur mit dem Unterschiede, dass aus der oberen Rissstelle noch einige kurze feine Fasern hervorragen. An den in Form dünner Blättchen durch Osmiumsäuremaceration mit nachträglichem Zerzupfen erhaltenen Zellengruppen kann man indessen unter Umständen von dem oberen Ende einer solchen starken varikösen Faser (welche von der unteren Epithelgrenze bis in die Nähe der durch die birnförmigen Zellen ausgezeichneten obersten Region reicht) zartere und blässere, gewöhnlich etwas schräg nach oben ziehende Fasern abgehen sehen

und zuweilen bis in das untere Ende einer birnförmigen Zelle verfolgen. An diesen zarten Endästen, von denen man gewöhnlich allerdings nur einen erhalten sieht, lassen sich hin und wieder auch Varikositäten wahrnehmen (Taf. V. Fig. 7); und kann wohl ihre Identität mit den am unteren Ende isolirter birnförmiger Zellen bemerkten varikösen Ausläufern nicht bezweifelt werden. Demnach ist der Zusammenhang der im Epithel befindlichen markhaltigen Nervenfasern mit jenen haartragenden Zellen nachgewiesen, und es bleibt nur noch die Verbindung der epithelialen Nervenfasern mit dem in der bindegewebigen Grundlage verlaufenden Nerven zu ermitteln. Es gelingt dies leicht, wenn man von Nervenknöpfen, die kurze Zeit in sehr schwacher Osmiumsäure (1:1500) oder in mehrfach verdünnter Müller'scher Lösung macerirten, durch vorsichtiges Schütteln oder zartes Abpinseln die sehr gelockerte und erweichte Epidermisdecke so abhebt, dass noch einige von den in dieselbe eintretenden Nervenfasern, wengleich von ihrem Marke entblösst, also als nackte Axencylinder, doch meistens in ihrer ganzen Länge erhalten an der bindegewebigen Unterlage sitzen bleiben. Faltet man nun dieses, durch die Maceration selbst sehr hell gewordene Bindegewebspolster so, dass man grade eine an austretenden Nervenfasern reiche Stelle in der Randansicht erhält, so kann man sich auf das Sicherste davon überzeugen, dass die lang heraushängenden, nach der Osmiumsäureeinwirkung etwas knotig angeschwollenen, nach der Maceration in Müller'scher Lösung dagegen ziemlich glatten hellen Fasern die directe Fortsetzung der starken, markhaltigen Nervenfasern darstellen, welche schräg oder senkrecht im Bindegewebe aufsteigen, durch die Maschen des flächenhaft ausgebreiteten peripherischen Capillarnetzes hindurch und nach Durchbohrung der hyalinen Grenzschicht über die Bindegewebsoberfläche hervortreten (Taf. V. Fig. 4 u. 6).

Sehr interessant war es mir, an einigen der mit Müller'scher Lösung gewonnenen Präparate diese isolirten, frei vorstehenden Axencylinder am oberen Ende in mehrere (bis zu 4) Fasern sich theilen zu sehen, welche von einem Punkte aus schräg nach aussen und oben verliefen (Taf. V. Fig. 6) und ohne Zweifel jenen dünneren Verbindungsstücken entsprechen, welche wir zwischen den starken markhaltigen Nervenfasern des Epithels und den birnförmigen Haarzellen fanden. Es würde demnach zu jeder in das Epithel von unten her eindringenden markhaltigen Nervenfaser immer mehrere dieser

Nervenendzellen gehören, womit auch die Beobachtung übereinstimmt, dass letztere weit zahlreicher vorhanden sind, als die aus dem Bindegewebsstroma aufsteigenden Fasern.

Gegen den mittleren, grade über der Nervenausbreitung gelegenen Theil des Epithels, welcher durch die Osmiumsäurebehandlung eine Menge tiefschwarzer Theile hervortreten lässt, hebt sich eine auffallend helle umgebende Randzone ab. Dieselbe besteht nur aus solchen blassen langen Cylinderzellen, wie wir sie in der mittleren Region gleichsam als Stützgerüst für die nervösen Elemente antrafen. Die ganze übrige Innenwand des Seitencanals wird von einem niedrigen, wenig geschichtetem Epithel bekleidet, in welchem zahlreiche Becherzellen mit grobkörnigen Inhalte vorkommen, wie sie schon Leydig bemerkt und in Fig. 105 seines Lehrbuchs der Histologie dargestellt hat.

Halten wir nun die an den Nervenknöpfen der Seitencanäle erwachsener Knochenfische in Bezug auf die Endigung der Seitennerven gewonnenen Resultate mit dem an den freivorstehenden Seitenorganen lebender junger Fische Beobachteten zusammen, so könnte auf den ersten Blick der Unterschied nicht unerheblich erscheinen; doch wird eine eingehende Vergleichung bald die wesentliche Uebereinstimmung beider (natürlich von der Grösse abgesehen) herausstellen. Ebenso wie Jeder ohne Weiteres die Gleichartigkeit der über die Epitheloberfläche vorstehenden Haare, welche überdies dieselbe Länge besitzen, bemerken wird, muss auch Jedem die grosse Aehnlichkeit der Zellen auffallen, welche in beiden Organformen als die Träger dieser Haare auftreten. Es sind in jedem Falle birnförmige Zellen mit körnigem Inhalte und hellem rundlichen Kerne im unteren bauchigen Abschnitte, während der obere schmalere Theil querabgestutzt auf der Mitte seiner Endfläche ein mit conischer Basis versehenes Haar trägt. Bei den jungen Fischen erscheinen diese Zellen nur etwas schmaler aber fast ebenso lang wie in den Nervenknöpfen der erwachsenen.

Von den langen hellen Cylinderepithelzellen der Seitencanalnervenknöpfe lässt sich auf den niedrigen Sinneshögen der jungen Thiere allerdings noch nicht viel sehen, doch ist auch dort ihre Anwesenheit schon aus dem mikroskopischen Bilde selbst zu erschliessen. Jedenfalls bemerkt man bereits einen Kranz heller cylindrischer Zellen als Einfassung um die mittleren körnigen, ein Analogon jener Ringzone langer blasser Cylinder, welche auf der Randpartie des

Nervenknopfes gefunden wurde. Wie wahrscheinlich aber auch bei den freistehenden Sinneshügeln junger Fische der Zusammenhang zwischen den von unten her aus der bindegewebigen Unterlage kommenden Nervenfasern und jenen haartragenden Zellen erscheint, ist oben angegeben. Von einer die Haargruppe einschneidenden hyalinen Röhre lässt sich in den Seitenkanälen der erwachsenen Kaulbarsche Nichts entdecken, wenngleich ihr Vorhandensein an und für sich nicht unmöglich erscheint.

Schon in meiner ersten Publikation über die Seitenorgane habe ich nachgewiesen, dass in der Oberhaut von Triton- und Batrachier-Larven den freistehenden Sinneshügeln der jungen Fische höchst ähnliche Gebilde und zwar in der nämlichen Verbreitung wie dort zu finden sind. Auch bei diesen Thieren sind es Endorgane des N. lateralis, welcher nach Abgabe einiger Zweige an die Kopfhaut als ein starker Nerv jederseits an der Seite des Rumpfes und Schwanzes horizontal nach hinten verläuft, und auf diesem Wege ähnlich wie bei manchen Fischen an den Rückentheile der grossen Schwanzflosse einen dorsalen Ast abgibt. Ich schilderte die Seitenorgane dieser Amphibienlarven als rundliche Hauthügel, welche im Wesentlichen aus langen cylindrischen, einer leichten Erhebung der bindegewebigen Grundlage aufsitzenden Epithelzellen gebildet werden. Aus der seicht concaven Endfläche eines solchen Hügels sah ich ebenso wie bei den jungen Fischen einige grade, starre Haare mit conischer Basis sich erheben und parallel in's Wasser hinausstehen. Auch fand sich eine ähnliche glashelle, aussen offene Röhre, wie ich sie dort kennen gelernt hatte. Bei der Untersuchung grösserer Tritonlarven, welche durch das aufliegende Deckblättchen stärker gequetscht werden mussten, sah ich oft um den Hügel herum eigenthümliche, mit homogener heller Flüssigkeit erfüllte Hohlräume, welche ich mir damals nicht recht zu deuten wusste, und einfach in der Zeichnung und Beschreibung so wiedergab, wie sie sich dem Auge darstellten.

Der einzige Anatom, welcher diese von mir im Jahre 1861 entdeckten und ausführlich beschriebenen Hautsinnesorgane der Amphibienlarven bisher kritisch nachuntersucht hat, Leydig¹⁾, konnte

1) Nov. act. Leopold.-Carolin. Bd. XXXIV. Ueber Organe eines sechsten Sinnes. S. 46.

zwar dieselben bei Tritonen und *Bombinator igneus* sowie beim gefleckten Landsalamander, dessen Larven mir nicht zu Gebote standen, wieder auffinden und meine Angaben über ihre Lage und Beziehung zu den Seitennerven bestätigen, weicht dagegen in der Darstellung ihres feineren Baues sehr wesentlich von meiner Beschreibung ab.

Leydig sieht vor allen Dingen in dem von mir als eine solide Zellenmasse erkannten Epidermishügel¹⁾ des Seitenorganes einen Hohlkörper, einen »Becher« (l. c. p. 50), an welchem sich eine deutliche distinkte Wandung, gebildet aus gewöhnlichen im Kreise aufgeschichteten und dabei theilweise länglich gewordenen Epithelzellen und ein Binnenlumen unterscheiden lassen soll. Im Grunde des so gebildeten Hohlraumes findet er einige, zu einem kugligen Ballen mit oberer heller Lücke vereinte, rundliche Zellen und nimmt an denselben einen gewissen, wenn auch schwachen Glanz, nach Einwirkung schwacher Kali, bichrom.-Lösungen bei starken Vergrößerungen aber eine querstreifige, an den aufgerollten Faden der Nesselzellen mahnende Zeichnung wahr. In diesem eigenthümlichen Zellenballen soll ein heller homogener »Faden« von grosser Zartheit vielleicht ein festgewordenes Secret, wurzeln, welcher über den Hügel weit hervorragte, und einen etwas dunkleren scharf conturirten, Untertheil dagegen ein spitz auslaufendes äusseres Ende erkennen lässt. Von den starren Haaren mit conischem Basaltheil, welche ich auf dem Gipfel des Hügels sah und von der hellen dieselben umgebenden Röhre hat Leydig »auch nicht eine Spur« gefunden. Da er sich aber doch erklären möchte, wie ich zu diesen Angaben gekommen, so denkt er sich, dass die Haarbüschel auf meiner Figur 3 hh die Büschel stärkerer Wimperhaare sind, welche von mir auf die Hügel versetzt worden seien; die Haarkegel dd auf Fig 6 scheinen ihm auf Fettkörnchen bezogen werden zu müssen, welche an dieser Stelle vorhanden, und unter starker Vergrößerung sowie Heben und Senken des Tubus zu scharf conturirten Kegeln bei mir geworden seien.

Legt man eine etwa 15 Mm. lange Larve von *Triton taeniatus* mittelst eines grossen durch ein paar untergeschobene Glasstück-

1) Leydig's Behauptung, dass ich die Seitenhügel der Amphibien nicht als wesentlich epidermoidale Gebilde dargestellt hätte, habe ich bereits an einem anderen Orte (dieses Archiv V. S. 313) zurückgewiesen.

chen hinlänglich gestützten Deckblättchens in der Rückenlage mit der Vorsicht auf dem Objectträger fest, dass das Thierchen, von Wasser reichlich umgeben, nur eben leise und ohne wesentliche Störung der Blutcirculation gedrückt wird, so kann man an dem Seitenrande des Kopfes hinter dem Auge einige frei vorstehende Sinnes Hügel selbst mit stärkeren Vergrößerungen in der Seitenansicht bequem studiren. Zunächst und vor Allem fallen dem Beobachter die eigenthümlich glänzenden, feinen, graden, starren Haare auf, welche in wahrscheinlich mit dem Alter des Thieres zunehmender Zahl von 1—6 der etwas concavrandigen, im Uebrigen aber ebenen Gipfelfläche des Hügels in ziemlich gleichen Abständen mit conischer Basis aufsitzen und ohne sich am Ende zuzuspitzen rechtwinklig zur Hautoberfläche parallel in's Wasser hinausstarren. Sie gleichen demnach vollkommen den bei den Fischen gefundenen und zeigen auch, wie ich mich durch wiederholte Messungen überzeugt habe, genau dieselbe Länge wie jene, nämlich 0,014 Mm., ein Umstand, der mir von grossem Interesse zu sein scheint. Von dem scharf markirten Grenzrande der diese Haare tragenden, gewöhnlich etwas ovalen Endfläche des soliden (nicht hohlen, wie Leydig will) Hügels sieht man eine ausserordentlich dünnwandige, glashelle Röhre sich erheben, welche ebenso wie die an den Seitenorganen der Fische beobachtete überall gleich weit am äusseren querabgestützten Ende mit scharfem freien Rande offen aufhört, eine Länge von 0,1 Mm. und darüber erreichen kann und durch den geringsten Wasserstrom gebeugt oder hin und her bewegt wird. Statt dieser Röhre beschreibt Leydig seinen soliden, nach aussen sich zuspitzenden Faden. Derartige Bilder, wie Leydig sie zeichnet, sind mir nicht fremd und auch nicht neu. Untersucht man ganz junge Tritonen von 8—10 Mm. Länge, so kann man stets einige Seitenorgane finden, deren Röhre noch so schmal ist, wie Leydig sie darstellt, und an denen sich auch entweder noch gar keine oder vielleicht erst einzelne Haare auffinden lassen (Taf. VI. Fig. 1). Es sind das zweifellos Entwicklungszustände, wie sie hier und dort auch an etwas älteren Larven noch anzutreffen sind, die ich jedoch in meiner ersten Beschreibung, wo ich nur die ausgebildeten Organe darzustellen beabsichtigte, glaubte unberücksichtigt lassen zu dürfen. Dass ferner bei schwachen Vergrößerungen die alsdann nur bei günstigem Lichtreflex sichtbaren Röhren als schmale Fäden erscheinen können (Leydig's Fig. 10 auf Taf. II) gebe ich gerne zu,

nur wird man sich bei Anwendung von 300—400maliger Vergrößerung bald von der wahren Natur dieser scheinbar soliden Fäden überzeugen. Ich kann mir übrigens nicht denken, dass ein Beobachter, wie Leydig, bei Wiederholung seiner Untersuchungen an 15—20 Mm. langen Larven von *Triton taeniatus* unter Anwendung einer 300fachen Vergrößerung die Haare und deren röhrenartige Hülle nicht sollte wahrnehmen können.

Eine Betrachtung der Seitenorgane von oben, wie sie sich am Leichtesten am Schwanz derselben Tritonlarven anstellen lässt, zeigt die Haare im optischen Quer- oder Schrägschnitt als hellleuchtende, dunkel begrenzte Punkte, welche beim Heben und Senken des Tubus, entsprechend der Richtung der Haare auf und nieder und nach unten zu in die oft erwähnte conische Verbreiterung des Basaltheiles verfolgt werden können. Natürlich muss man hierbei nicht auf die den Hügel bildenden Zellen, sondern auf die über deren Niveau sich erhebenden Theile einstellen. Ich hoffe, dass man mir eine Verwechslung solcher Haarquerschnitte mit glänzenden Fettkörnchen ebenso wenig zutrauen wird, wie eine subjective Versetzung etwaiger Flimmerhaare auf benachbarte Sinnesorgane. Bei grösseren Tritonlarven (2 Ctm. lang und darüber) habe ich an den Seiten des Schwanzes sehr längliche Hügel mit schmalen, von vorne nach hinten gestreckten oberen Mittelfelde ange-
troffen, aus dem 18—20 Haare in zwei Längsreihen alternirend geordnet hervorragten, während gewöhnlich nur 3—8 in einer runden Gruppe zusammenstehen. Dass diese Querschnittsbilder der starren Haare auch an den Schwanzseitenorganen von Batrachierlarven nicht vermisst werden, haben mich meine alten Zeichnungen der Seitenorgane von *Bombinator igneus* (deren eine ich zum Vergleiche mit Leydig's Fig. 19 hier (Taf. VI. Fig. 3) beifüge) so wie neue Untersuchungen gelehrt, zu denen ich Larven von *Rana esculenta* und *temporaria*, *Rufa ciner.*, *Pelobates fuscus* und *Hyla arborea* benutzt habe (Taf. VI. Fig. 4, 5 u. 6).

Die Hügel selbst halte ich für wesentlich ebenso gebaut wie diejenigen der jungen Fische. Unter der äusseren Seitenbekleidung, welche nach oben zu bis an das Gipffeld heranreicht und aus platten Grenz-Epithelzellen gewöhnlicher Art besteht, befindet sich eine Gruppe cylindrischer, nach oben zu etwas conisch verjüngten Zellen, welche nach Art eines Meilers zusammenstehen und mit ihren äusseren Endflächen das concavrandige obere Gipffeld bil-

den. Die in der Nähe der Axe des ganzen Hügels liegenden Zellen zeichnen sich durch im unteren Ende gelegne rundliche oft matt glänzende Kerne aus und dürften wohl ebenso wie die entsprechenden Zellen in den Seitenhügeln der Fische einerseits die grade über ihnen zu sehenden Haare tragen, andererseits mit den bis nahe an ihr unteres Ende zu verfolgenden Nervenfasern in Verbindung stehen.

Jene mit heller Flüssigkeit erfüllten Hohlräume, welche ich in meiner ersten Abhandlung beschrieb und zeichnete, werden bei ganz frisch zur Beobachtung kommenden Thieren nicht gesehen, sie entstehen aber leicht, wenn man ein Thier bei der Untersuchung etwas zu stark oder zu lange durch ein aufgelegtes Deckblättchen gequetscht hat, indem sich die obersten platten Epidermisdeckzellen blasenartig abheben; sind also durch die Präparation herbeigeführte Kunstproducte und haben mit jenen hellen grossen, Becherzellen vergleichbaren Zellen, welche ich in meiner früheren Arbeit (Epithel und Drüsenzellen. Dieses Archiv Bd. III. S. 168) beschrieben und gezeichnet (l. c. Taf. VIII. Fig. 8) habe, gar Nichts zu thun.

Wenn nun die Seitenorgane der Amphibienlarven nicht nur in der Lage und in ihrer Beziehung zum Nervensystem, sondern auch im feineren anatomischen Bau mit denen der Fische wesentlich übereinstimmen, so kann es nicht zweifelhaft sein, dass sie in beiden Thiergruppen ein und dasselbe Organsystem darstellen, ein Organsystem, welches für einen besonderen Sinnesapparat zu halten uns nicht nur der Reichthum an zuführenden Nerven überhaupt, sondern besonders die eigenthümliche Art der Nervenendigung zwingt. Solche feinen starren Haare, welche als die freien Endspitzen gewisser ausgezeichnete Epithelzellen über die Epitheloberfläche vorragen, sind sonst nur an Stellen, wo Sinnesnerven enden und andererseits wiederum in den meisten Sinnesorganen der Wirbelthiere — mit Sicherheit in den Geruchs-, Geschmacks- und Gehörorganen — nachgewiesen.

Weit schwieriger als die Einreihung der Seitenorgane in die Gruppe der Sinnesorgane überhaupt wird die Ermittlung ihrer speciellen Sinnesfunction, d. h. die Bestimmung ihres adäquaten Reizes sein. Von der Qualität der durch sie vermittelten Sinnesempfindungen würden mir natürlich nur dann überhaupt Vor-

stellung gewinnen können, wenn es sich nachweisen liesse, dass dieser Sinn mit einem der unsrigen identisch sei.

Wir haben zunächst zu fragen: »Welche Bewegungsformen in Nervenirregung umzusetzen erscheinen die Seitenorgane besonders geeignet?« Wird es nun gleich vor der Hand schwerlich gelingen, diese Frage mit voller Sicherheit zu entscheiden, so halte ich doch schon jetzt unsere Kenntnisse von dem anatomischen Bau der Seitenorgane für hinlänglich, um sie als Grundlage für bestimmte Vorstellungen über ihre Function zu verwerthen.

Dabei muss ich mich zunächst gegen die Auffassung Leydig's erklären, welcher diese Sinnesorgane mit einer ganzen Reihe anderer Hautgebilde, zwar grösstentheils auch Sinneswerkzeuge, aber von sehr differentem Baue, zusammenstellt und alle als Organe eines sechsten Sinnes deutet. So rechnet Leydig unter anderen auch die von ihm sogenannten »becherförmigen Organe« hierher, welche ich früher auf Grund specieller Untersuchungen für Geschmacksorgane erklärt habe, nachdem ich nachgewiesen (Zeitschr. für wissensch. Zool. 1863 und dieses Archiv Bd. III. S. 152), dass sie nicht becherförmig hohl, sondern solide Zellenbündel sind, zusammengesetzt aus breiteren Stützzellen und ganz dünnen fadenförmigen, am äusseren Ende ein ganz kurzes feines und spitzes Härchen tragenden Sinneszellen, ähnlich den von M. Schultze entdeckten Riechzellen. Eine höchst erfreuliche Bestätigung fand diese meine Auffassung dadurch, dass die Endapparate des Geschmacksnerven des Menschen und der Säugethiere, welche einige Zeit darauf fast gleichzeitig von Schwalbe und Lovén entdeckt wurden, in Form und Bau eine ganz frappante Uebereinstimmung mit jenen becherförmigen Organen der Fischoberhaut zeigen, worauf auch Schwalbe (dieses Archiv Bd. IV. S. 182) sogleich hingewiesen hat.

Nun besteht aber zwischen den Sinneszellen der Seitenorgane und denjenigen der Geschmacksknospen (so nenne ich fortan auch die becherförmigen Organe) der Fische ein wesentlicher Unterschied. Die letzteren, die Sinneszellen der Geschmacksknospen, stellen lange fadenförmige Gebilde dar, welche von der bindegewebigen Unterlage bis zur Epitheloberfläche reichen und mit einem ganz kurzen spitzen Endhärchen nur eben über dieselbe hervorragen, während die ersteren kurze, dicke, birnförmige Zellen sind, auf deren breiter querabgestutzter Endfläche ein 0,014 Mm. langes Haar mit kegelförmiger Basis steht. Es kann demnach wohl

nicht daran gedacht werden, den Seitenorganen und Geschmacksknospen dieselbe Sinnesfunction zuzuschreiben, sie beide als Organe ein und desselben Sinnes aufzufassen.

Wenn aber Leydig glaubt, diese beiden so verschiedenen und noch mehrere andere Organformen »unter dem gemeinsamen Bilde einer Drüse« zusammenfassen zu können, so muss ich dagegen geltend machen, dass diese Drüsenähnlichkeit wenigstens an den von mir studirten Organen, also vor Allen den Seitenorganen und den Geschmacksknospen nicht besteht; denn die seichte Concavität, welche man zuweilen, durchaus nicht immer, an der äusseren gewöhnlich ebenen Oberfläche der Geschmacksknospen der Fischhaut wahrnimmt, ist eben kein Hohlraum, wie er einer Drüse zukommt, und wird wahrscheinlich durch temporäre Contraction, sei es der Epithelzellen selbst, wie Leydig vermuthet, oder, wie mir wahrscheinlicher ist, der unterliegenden Cutispartie veranlasst.

Bei der Ueberlegung, ob es — von den Bauverhältnissen zunächst einmal noch abgesehen — Gründe giebt, das Seitenorgan-system auf diesen oder jenen der bekannten Sinne zu beziehen, fällt es in's Gewicht, dass, während bei den Fischen Einrichtungen zur Vermittlung von Gesichts-, Gehörs-, Geruchs- und Geschmacksempfindungen bekannt sind, man für den Gefühls- oder Drucksinn, also für die Wahrnehmung von Massenbewegung bei ihnen bisher noch keinen Nervenendapparat hat auffinden können. Von vorne herein wird man aber geneigt sein, solche Organe in der Haut zu suchen, wo sie ja auch bei den höheren Wirbelthieren liegen. Aus diesem Grunde will auch Leydig in seiner ganzen Gruppe von Hautsinnesorganen etwas den Tastorganen Aehnliches erblicken, wengleich seine Kenntniss von dem Bau der Theile noch keine bestimmte Vorstellung über die Art dieses Tastens zuliess. Jedenfalls werden wir gut thun, diese Möglichkeit bei unserem Hautsinnesorgane im Auge zu behalten, wengleich es auf der Hand liegt, dass von einem Tasten im engeren Sinne des Wortes, wie wir es durch Massenbewegung fester Körper gegen unsere Haut oder umgekehrt, herbeiführen, hier nach der Lage und dem ganzen Bau der betreffenden Organe nicht die Rede sein kann. Denn nähmen wir selbst an, dass die zarten, auf der Gipffläche des Seitenorganes stehenden Haare die Berührung eines festen Körpers ohne Verletzung ertragen, was doch nicht wahrscheinlich, so finden wir grade in den Seitencanälen der Knochenfische Einrichtungen, welche offenbar die tief im Grunde gelegenen Haare

vor der directen Einwirkung fester Körper mit Erfolg schützen, indem sie nur dem Wasser einen, auch noch beschränkten Zugang gestatten. Ueberhaupt findet eine Berührung der Körperoberfläche mit festen Körpern bei den meisten Fischen und Amphibienlarven kaum je statt, wie man sich durch sorgfältiges Beobachten frei oder in Aquarien sich bewegender Thiere leicht überzeugen kann. Da die Fische selbst meistens keiner Unterstützung durch feste Körper bedürfen und auch nur hin und wieder einmal Einrichtungen besitzen, um sich an denselben festzuhalten ¹⁾, so haben sie eigentlich nur Veranlassung feste Körper zu berühren beim Fressen, und auch in diesem Falle schicken sie gewöhnlich den beweglichen Bissen mit einem grossen Wasserstrom in die Mundhöhle.

Ein zweites für die Deutung der Seitenorgane wichtiges Moment ist der Umstand, dass dieselben ausschliesslich nur bei im Wasser lebenden Wirbelthieren vorkommen. Diese bestimmte Beziehung zum Wasseraufenthalte tritt am Auffallendsten bei den Amphibien hervor. Nur so lange diese Thiere durch ihre Kiemenathmung zum beständigen Aufenthalt im Wasser gezwungen sind, besitzen sie die betreffenden Sinnesorgane, sobald sich die Lungen entwickelt haben und das Luftleben beginnt, gehen dieselben wenigstens als Sinnesapparate unter. Dass sich, wie Leydig hervorhebt, an ihrer Stelle — so besonders in der Seitenlinie bei manchen Amphibien — später nach der Metamorphose grosse Hautdrüsen finden, kann, selbst wenn sich diese direct aus den ehemaligen Sinnesorganen hervorbilden sollten, nicht als ein Beweis dafür angesehen werden, dass solche Drüsen (wie sie übrigens auch an anderen Hautstellen, wo niemals Seitenorgane waren, z. B. bei *Salamandra mac.* auf dem Rücken in zwei Reihen dicht neben der Mittellinie vorkommen) nun auch daneben noch als Sinnesorgane functioniren, zumal da ihr anatomischer Bau auch nicht entfernt an den irgend eines Sinnesorganes erinnert. Dass aber auch zu Drüsen Nervenfasern zu verfolgen sind, wird nach den neueren Erfahrungen über die Abhängigkeit der Secretion vom Nerveneinfluss und besonders nach dem Ergebniss der Pflügerschen Untersuchungen über die Endigung der Nervenfasern in den Drüsenzellen nicht auffallend und keines-

1) Hierher würden die Saugscheiben einiger Fische, z. B. *Cyclopterus*, *Echenais* u. a. gehören, so wie der Schwanz mancher Lophobranchier, z. B. *Nephris Ophidion*, *Hippocampus*, wo sich aber grade Nichts von Seitenorganen findet.

wegs als ein Hinweis auf eine Sinnesorganfunction gedeutet werden dürfen. Es ist mir demnach nicht zweifelhaft und von Leydig auch früher so aufgefasst, dass das Seitenorgansystem der Fische und (wie ich hinzusetze) auch der Amphibienlarven ein speciell für den Wasseraufenthalt eingerichteter Sinnesapparat ist.

Ferner ist zu beachten, dass bei einer sorgfältigen Vergleichung der Seitenorgane mit allen bekannten Sinnesorganen hinsichtlich der Art der Nervenendigung eine gewisse Uebereinstimmung mit dem Gehörorgan hervortritt. Dort ragen ebenfalls nach Max Schultze's Entdeckung (in den Ampullen) frei über die Epitheloberfläche feine starre Haare hervor, welche nach den Untersuchungen von Hasse ¹⁾ auf breiten oben quer abgestutzten Zellen («Stäbchenzellen» nach Hasse) aufsitzen, deren Zusammenhang mit Nervenfasern nachgewiesen wurde.

So wenig nun auch daran gedacht werden kann, die Seitenorgane als wahre Hörapparate anzusehen, nicht allein deshalb, weil Fische wie Amphibien schon ein entwickeltes, durchaus nach demselben Typus wie bei den Wirbelthieren gebautes Gehörorgan besitzen, sondern besonders deshalb, weil sich immerhin noch erhebliche Unterschiede in den Bauverhältnissen zwischen beiden Organsystemen finden — so werden wir doch von einer Vergleichung mit den Gehörsinneseinrichtungen unter Berücksichtigung der bestehenden Unterschiede ausgehen müssen. Der wesentlichste Unterschied besteht aber meiner Ansicht nach darin, dass die Nervenendhaare der Seitenorgane nicht wie die Hörhaare in eine allseitig eingeschlossene Flüssigkeit, wie es die Endolymphe ist, sondern frei in das äussere Wasser hineinragen und, was mir besonders wichtig erscheint, weit kürzer und etwas derber sind als jene, welche bekanntlich in eine lange, äusserst feine Spitze auslaufen. Wie nun die Hörhaare durch gewisse Bewegungen des Mediums, in dem sie sich befinden, der Endolymphe, nämlich durch die Schallwellen in Mitbewegung versetzt eine Nervenregung veranlassen, welche zum Gehirn fortgeleitet dort zur Sinnesempfindung des Hörens führt — so werden auch die Sinneshaare der Seitenorgane sicherlich durch gewisse Bewegungen der Flüssigkeit, in welche sie hineinragen, nämlich des äusseren Wassers, in Mitbewegung versetzt die Erregung der zuführenden Nervenfasern und mittelst

1) Zeitschr. für wiss. Zool. Bd. XVII.

dieser eine Sinneswahrnehmung herbeiführen. Es wird also vor allen Dingen darauf ankommen, eine Vorstellung von der Art dieser Wasserbewegungen zu gewinnen.

Fragen wir zu dem Zwecke vorerst, welche Bewegungsformen des Wassers die über die Körperoberfläche vorstehenden Haare treffen und mitbewegen müssen, so ist klar, dass dies zunächst durch jede Massenbewegung des umgebenden Wassers gegen den Fischkörper oder dieses letzteren gegen das erstere geschehen muss; denn bei jeder Bewegung, bei jeder Lageveränderung des Fisches gegen die umgebende Wassermasse, sei es nun, dass diese an ihm oder er an ihr vorbeigleitet, werden die vorstehenden Haare gedrückt und da sie nicht absolut starr sind, etwas gebeugt werden. Hieran wird auch weder die zarte hyaline röhrenförmige Hülle, welche die Haare umgiebt, noch die Einrichtung der Seitencanäle etwas ändern; erstere nicht, da sie ja, wie wir wissen, sehr biegsam und nachgiebig ist, der Druck des Wassers sich also leicht durch sie hindurch fortpflanzt. Die Seitencanäle aber lassen das Wasser, wenigstens in den meisten Fällen, frei durchströmen, welches demnach, in die eine Oeffnung hinein- und zur anderen hinausfließend, auf die in das Lumen des Canales hineinragenden Haare drückend wirken muss; um so mehr, als die im Allgemeinen horizontale Lage dieser Canäle, welche meistens von vorne nach hinten ziehen, bei der weitaus häufigsten Bewegung des Fisches nach vorne begünstigend für das energische Durchströmen des Wassers sein muss.

Ferner werden alle durch das umgebende Wasser sich fortpflanzenden Stossbewegungen, welche nach Art des Schalles in Form von Kugelwellen mit Verdünnung und Verdichtung des Mediums nach allen Seiten sich ausbreiten, im Falle sie die Sinneshaare der Seitenorgane treffen, diese in Mitbewegung versetzen müssen. Doch wird man annehmen dürfen, dass in Bezug auf die Breite dieser Wellen und die Zeitdauer der Schwingungen nach den Schallwellen zu eine Grenze existirt, über welche hinaus die durch sie verursachten Haarschwingungen nicht mehr ausreichen, eine Nervenerregung und dadurch eine Sinnesempfindung hervorzurufen; um so mehr, als wir ja wissen, dass die Haare der Seitenorgane im Verhältniss zu den Hörhaaren bedeutend kürzer und derber als diese sind.

Wir gelangen demnach zu einer Auffassung von der Function

der Seitenorgane, nach welcher dieselben einen speciell für den Wasseraufenthalt eingerichteten Sinnesapparat darstellen, geeignet zur Wahrnehmung von Massenbewegungen des Wassers gegen den Fischkörper oder dieses gegen die umgebende Flüssigkeit, so wie von groben durch das Wasser fortgeleiteten Stosswellen mit längerer Schwingungsdauer, als sie den das Gehörorgan afficirenden Wellen zukommt.

Wie bei allen Sinnen so wird natürlich auch hier eine Perception quantitativer und qualitativer Differenzen der betreffenden Bewegungen anzunehmen sein. Wir hätten eben einen für den Wasseraufenthalt eigenthümlich modificirten Tastapparat vor uns, dessen Bedeutung für die Wasserbewohner wir sofort verstehen, wenn wir überlegen, welche Reihen von Vorstellungen durch einen solchen Wassersinn gewonnen werden können.

Zunächst wird das Thier bei jeder Lageveränderung, welche es selbst ausführt, also vor allen Dingen beim Schwimmen, über die Art und Grösse dieser Bewegung durch den auf die Haare der Seitenorgane ausgeübten und von diesen in Nervenerregung umgesetzten Druck des umgebenden, Widerstand leistenden Wassers genau unterrichtet; ebenso wird die Nähe eines festen Körpers oder der Wasseroberfläche, so wie die Wassertiefe, in der sich das Thier befindet, durch den zunehmenden Widerstand des Wassers bei allen Bewegungen erkannt werden. Ferner wird jegliches Vorbeifliessen von Wasser an dem ruhenden Thiere, so wie die Richtung desselben percipirt werden. Besonders wichtig aber muss es sein, wenn auch wellenförmig sich fortpflanzende, stossartige Bewegungen auf grössere Entfernung hin zur Wahrnehmung gelangen, wenn z. B. ein Fisch von den (stossartigen) Bewegungen eines anderen, von deren Richtung, quantitativen und qualitativen Eigenthümlichkeit Kunde erhält.

Der experimentell-physiologischen Forschung wird es anheimfallen, diese Auffassung, welche aus der Betrachtung der anatomischen Verhältnisse sich aufdrängt, weiter zu prüfen und zu ergänzen.

Erklärung der Abbildungen auf Taf. IV, V u. VI.**Tafel IV.**

- Fig. 1. Seitenorgan am Schwanze einer 30 Mm. langen Scholle, *Platessa vulg.* 600malige Vergrößerung.
- .. 2. Seitenorgan am Kopfe eines 12 Mm. langen *Gobius minutus*. 600malige Vergrößerung.
- .. 3. Seitenorgan am Schwanze eines erwachsenen Gründlings. 300malige Vergrößerung.
- .. 4. Seitenorgan am Kopfe eines 7 Mm. langen jungen Fischchens, wahrscheinlich *Brachsen*. 400malige Vergrößerung.
- .. 5. Seitenorgan am Schwanze eines 5 Ctm. langen Plötz. 300malige Vergrößerung.
- .. 6. Seitenorgan am Schwanze eines 10 Ctm. langen Plötz. 300malige Vergrößerung.
- .. 7. Seitenorgan am Schwanze eines 34 Mm. langen Plötz. 300malige Vergrößerung.
- .. 8. Entwicklung der Seitencanäle an der Schwanzflosse einer 25 Mm. langen Scholle. 300malige Vergrößerung.
- .. 9. Bildung einer Seitencanaldecke an der Schwanzflosse einer 30 Mm. langen Scholle. 300malige Vergrößerung.

Tafel V.

- Fig. 1. Ein 3 Ctm. langer *Gobius minutus*, bei 8maliger Vergrößerung in der Ansicht von oben gezeichnet. Die Seitenorganröhren sind nach einer 30fachen Vergrößerung hineingezeichnet.
- .. 2. Der platt ausgebreitete Schwanz eines 4,5 Ctm. langen *Gobius minutus*. 30malige Vergrößerung.
- .. 3. Von dem in Osmiumsäure (1 : 900) macerirten Nervenbügel eines Seitencanals vom Unterkiefer eines erwachsenen Kaulbarsches. Durch Zerzupfen isolirte Zellen. 400malige Vergrößerung.
- .. 4. Gefaltete Grenzpartie von der Bindegewebsgrundlage eines eben solchen Nervenknopfs mit hervorstehenden Axencylindern; nach Maceration in verdünnter Müller'scher Lösung durch Abpinseln des Epithels erhalten. 400malige Vergrößerung.
- .. 5. Durch Zerzupfen erhaltene Epithelpartie vom Nervenknopfe eines Unterkieferseitencanals des erwachsenen Kaulbarsches nach Maceration in Osmiumsäure (1 : 900). 400malige Vergrößerung.
- .. 6. Aus der Bindegewebsgrundlage eines eben solchen Nervenknopfes hervorragende Axencylinder. Durch einstündige Maceration in Osmiumsäure von 1 : 1500 erhalten. 400malige Vergrößerung.

Fig. 7. Epithelpartie und isolirte birnförmige Epithelzelle von einem eben solchen Nervenknopfe nach Maceration in Osmiumsäure von 1 : 900. 400malige Vergrößerung.

Tafel VI.

- Fig. 1. Seitenorgan am Kopfe einer 15 Mm. langen Larve von *Triton taeniatus*. 400malige Vergrößerung.
„ 2. Seitenorgane am Kopfe einer 16 Mm. langen Larve von *Triton taeniatus*. 400malige Vergrößerung.
„ 3. Seitenorgan am Schwanze einer Larve von *Bombinator igneus*. 300malige Vergrößerung.
„ 4, 5 u. 6. Seitenorgane am Schwanze einer 30 Mm. langen Larve von *Rana tempor.* 300malige Vergrößerung.
-

