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

Allgemeines über Sinnesorgane.

Vortrag

gehalten bei der Jahresfeier der Senckenbergischen Naturforschenden Gesellschaft zu Frankfurt a. M. am 25. Mai 1879

von

Dr. **Heinrich Reichenbach.**

Hochansehnliche Versammlung!

Unsere gegenwärtige Zeit bietet die merkwürdige Erscheinung, dass kein philosophisches System die nach wahrer Menschlichkeit strebenden Geister in einem solchen Grade zu beherrschen vermag, wie dies zu den Zeiten eines Cartesius, Leibnitz, Wolff, Kant und Hegel der Fall war. Dieser Umstand braucht keineswegs auf einem allgemeineren geistigen Rückgang zu beruhen, vielmehr wird man nicht fehlgehen, wenn man die Ursache dieser Erscheinung zum grossen Theil dem täglich wachsenden Einfluss der Naturwissenschaften zuschreibt, die sich mit durchschlagendem Erfolg gegen willkürliche Speculationen wenden. Man braucht ja nur an die Resultate der neueren Chemie bezüglich der Molecularconstruction der Materie, an die Auffindung des mechanischen Wärmeaequivalents, an das Princip der Erhaltung der Energie — oder wie Zöllner es nennt — an die Constanz der Bilanz zwischen Ursache und Wirkung in der uns bekannten Welt zu denken, oder man erinnere sich der Umwälzungen, die durch die Aufstellung der Zellenlehre und der Descendenztheorie bewirkt wurden, — und man wird den mächtigen Einfluss naturwissenschaftlicher Errungenschaften auf die allgemeine Weltanschauung erklärlich finden.

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

Freilich hat sich aus dem Lager der Naturforschung und zwar von materialistischer Basis aus ein erbitterter Kampf gegen alle und jede speculative Philosophie entwickelt, der um so erfolgreicher geführt werden konnte, je weniger die letztere die Resultate exacter Forschung berücksichtigte. Aber es kann mit Genugthuung die erfreuliche Thatsache constatirt werden, dass ebenfalls aus den Reihen der Naturforscher hervorragende Geister, die die Unzulänglichkeit des Materialismus erkannten, der Philosophie in der neueren Zeit ein intensives Interesse zuwenden, durchdrungen von der Ueberzeugung, dass die exacte Forschung unaufhörlich durch philosophische Kritik beeinflusst werden muss, sollen ihre Resultate dem Geistesfortschritt wirklich dienstbar sein, anstatt dem zersetzenden Materialismus Vorschub zu leisten.

Und in der That, durch innige Wechselwirkung von Naturwissenschaft und Philosophie sind gerade in der neueren Zeit Errungenschaften von erheblicher Bedeutung erzielt worden. Es hat sich gezeigt, dass durch Benützung naturwissenschaftlicher Methoden, durch rein physikalische Betrachtungsweise auch über die geistige Natur des Menschen Licht verbreitet werden kann, wenn auch in sehr beschränktem Maasse. Einige Resultate der physiologischen Psychologie rechtfertigen diese Behauptung zur Genüge; es sei nur an das psycho-physische Grundgesetz von Weber und Fechner erinnert, welches aussagt, dass zwischen Empfindungsintensität, also einer rein psychischen Grösse, und der Reizstärke ein ganz bestimmter Zusammenhang besteht, der sich sogar in mathematische Fassung bringen lässt.

Es gibt aber ein Gebiet der Naturwissenschaften, dessen Resultate in ganz besonders hohem Grade auf philosophische Probleme von Einfluss sein müssen, ein Gebiet, das eben deswegen auf das eingehendste erforscht ist und wo der menschliche Geist von jeher seine grössten Triumphe gefeiert hat. Es ist dies die Lehre von den Sinnesorganen.

Die grossartigen Errungenschaften dieses Wissensgebietes sind nicht nur von entscheidender Bedeutung für die Erkenntnisstheorie, sie zeigen uns nicht nur, wie alle unsere Vorstellungen von den Structurbedingungen unseres Organismus abhängen, sondern sie führen uns auch mit zwingender Nothwendigkeit unmittelbar an die scharf markirte und unübersteigliche Grenze unseres Erkennens und Wissens überhaupt und geben somit

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

entscheidende Gründe zur Wiederlegung des Materialismus an die Hand.

Als mir seitens der Direction der Senckenbergischen Gesellschaft der ehrende Auftrag ward, heute hier zu sprechen, glaubte ich kein besseres Thema wählen zu können, als gerade die Sinnesorgane. Freilich kann ich mich bei der Kürze der Zeit nur an grosse, allgemeine Züge halten und werde ich vorzugsweise nur die morphologischen Verhältnisse einer eingehenderen Betrachtung unterwerfen.

Die Sinnesapparate vermitteln dem Organismus die Kenntniss der Aussenwelt; eingeschaltet zwischen diese und den Sitz der empfindenden und geistigen Thätigkeit, als welcher das Nervensystem gilt, verhalten sie sich zu diesem Centralapparat nach einem geistreichen Vergleich, wie die verschiedenen Schalter eines Telegraphensystems zur Centralstation, die auch je nach ihrer Construction nur ganz bestimmte Depeschen aufnehmen und vermitteln können.

Bei den höheren Geschöpfen, zumal beim Menschen haben diese Sinnesapparate einen ausserordentlich verwickelten Bau. Eine vergleichende Betrachtung der in Rede stehenden Organe in der ganzen Thierwelt hat aber das merkwürdige Resultat zu Tag gefördert, dass fast alle Sinnesorgane, auch die allereinfachsten, ähnliche, ja oft identische Einrichtungen besitzen, die sich von einander leicht und ungezwungen ableiten lassen. Wie auf andern Gebieten, so hat sich auch hier wieder gezeigt, wie eine tiefere Auffassung, eine umfassendere Einsicht dadurch erreicht wird, dass man nicht den Menschen am Menschen allein studirt, sondern dass man bestrebt ist, ihn auf der Folie der Thierwelt, ja der ganzen organischen Natur zu verstehen. Ebenso hat auch die Entwicklungsgeschichte der Sinnesorgane Resultate aufzuweisen, die durch ihre Beziehungen zu den Ergebnissen der vergleichenden Anatomie von hohem Interesse sind.

Wo wir in der ganzen Thierwelt unzweifelhafte Sinnesorgane antreffen, finden sich eigenthümlich modificirte Zellen, welche mit einem Nerven in Verbindung treten. Diese Zellen sind meist cylindrisch, langgestreckt und tragen den Charakter von Epithelzellen deutlich zur Schau. An ihrem centralen Pol lässt sich eine Nervenfaser nachweisen und an ihrem peripheren Ende tragen sie ein Ausscheideproduct, ein sogenanntes Cuticulargebilde, das

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

bald die Form von Stäbchen, Zäpfchen, Stiftchen besitzt, bald ein oder mehrere Härchen darstellt. Diese Zellen heissen Sinneszellen; treten sie zu Gruppen zusammen, so bilden sie ein Sinnesepithel. Diese Sinneszellen übertragen Bewegungsvorgänge der Aussenwelt, welche wir mit den Worten Licht, Schall, Wärme, chemischer Prozess, Druck etc. zu bezeichnen pflegen, auf die Nervensubstanz; offenbar spielen hierbei die cuticularen Endgebilde eine hervorragende Rolle, denn wir finden sie in den verschiedenen Sinnesorganen ganz verschieden ausgebildet und bei den gleichnamigen Sinnesorganen ganz verschiedener Thiere besitzen sie oft den gleichen Bau. Ueber die Art ihrer Einwirkung auf die Nervensubstanz stehen uns nur Vermuthungen zu Gebot. So werden wahrscheinlich die feinen Hörhärchen in unserm Ohr durch Schallbewegungen in Mitschwingung versetzt; die Endgebilde der Riech-, Schmeck- und höchstwahrscheinlich auch der Sehzellen dürften durch einen chemischen Prozess alterirt werden, während die Tastnervenendigungen, ähnlich wie die Hörhärchen, durch einen mehr mechanisch zu nennenden Vorgang erregt werden.

Da wir in allen unzweifelhaften Sinnesorganen diese Endapparate auffinden, so sind wir zu dem Schluss berechtigt, dass da, wo ähnliche Sinneszellen auftreten, ein Sinnesorgan vorhanden sein kann, dessen Funktion allerdings aus andern Begleiterscheinungen erschlossen werden muss. Es waltet aber hier eine mehr oder weniger beträchtliche Unsicherheit, was ganz besonders von den Tast-, Geschmacks- und Geruchswerkzeugen der niederen Thiere gilt, während wir für Hörorgane und für Augen ziemlich sichere Merkmale besitzen.

Stets sind die Sinnesepithelien oder die Sinneszellen der äusseren Körperschicht genähert; in vielen Fällen bilden sie einen integrirenden Bestandtheil der äusseren Haut und wo sie in der Tiefe liegen, da weist fast überall die Entwicklungsgeschichte ihren Ursprung aus der äussersten Körperschicht nach.

Mit den Sinnesepithelien treten vielfach besondere Apparate in Verbindung, deren ganze Einrichtung darauf hinweist, dass sie die aus der Aussenwelt stammenden Bewegungen in bestimmter Weise zu modificiren haben, ehe die Einwirkung auf die Sinneszellen erfolgt. Dahin gehören Farbstoffe, lichtbrechende Medien, schallleitende Apparate, kleine Polsterchen wie bei den Tast-

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

körperchen. Ferner liegen fast überall Nerven- oder Ganglienzellen in nächster Nähe der Sinnesepithelien, welche mit den Sinnesnervenfasern vor deren Eintritt in die Sinneszellen verknüpft sind. Man hat diese Ganglienzellen in sehr sinnreicher Weise als Kraftmagazine gedeutet, dazu bestimmt, bei einer grösseren Zahl von Reizvorgängen dem Nerven die erforderliche Kraft zu übermitteln.

Es mag gleich hier noch bemerkt werden, dass wir bei vielen Sinnesorganen zwar die aus der Sinneszelle tretende Nervenfibrille kennen, aber nicht ihren directen Zusammenhang mit dem Sinnesnerven. So ist es bis auf den heutigen Tag noch nicht gelungen, den Zusammenhang der Nerven mit den Sehzellen im Auge, mit den Hörzellen im Ohr, mit den Riechzellen oder den Schmeckzellen bei den Wirbelthieren trotz angestrengter Untersuchungen nachzuweisen, so überaus wahrscheinlich derselbe auch ist.

Nach Obigem machen wir zur unbedingten Voraussetzung von Sinnesorganen die Existenz eines Nervensystems, eines Centralapparats, wo die von jenen Organen übermittelten Bewegungsvorgänge zur Empfindung gelangen, oder wie man zu sagen pflegt, sich in Empfindung umsetzen.

Wie verhält es sich nun bei den Thieren, bei welchen ein Nervensystem noch nicht zur Sonderung gekommen ist? Wie steht es bei den einzelligen Wesen? Haben sie keine Sinnesorgane und demgemäss auch keine Empfindungen? Wir sehen doch, wie die Amoeben, die Infusorien auf äussere Einwirkungen reagiren. Die Amoebe zieht bei der geringsten Erschütterung ihre Pseudopodien ein; die Vorticelle schreckt bei der Berührung durch ein kleines vorbeischwimmendes Thierchen heftig zusammen; wo ein Stückchen faulende Substanz liegt, versammeln sich die Infusorien wie die Adler auf dem Aase; an der hell erleuchteten Seite des Aquariums treffen wir stets die zahlreichsten dieser kleinen Wesen, und bei vielen kennt man einen Pigmentfleck, der an ein Auge erinnert; wir stehen also vor der Thatsache, dass das Protoplasma dieser einzelligen Wesen in verschiedener Weise auf Einwirkungen der Aussenwelt reagirt; wir können auch nicht unbedingt in Abrede stellen, dass dabei etwas Aehnliches stattfindet, wie das, was wir Empfindung nennen wenn wir aber unter Sinnesorganen Einrichtungen verstehen, durch welche gewisse Bewegungsvorgänge der Aussenwelt erst auf ein

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

Nervensystem übertragen werden müssen, um eine Empfindung zu veranlassen, so dürfen wir jenen einzelligen Thieren keine eigentlichen Sinnesorgane zuschreiben.

Wir treffen demgemäss erst da auf ächte Sinnesorgane, wo die Arbeitstheilung im Zellenstaat so weit vorgeschritten ist, dass sich ein besonderer Empfindungsapparat, ein Nervensystem differenzirt hat. Die einfachsten derartigen Thiere finden wir unter den Coelenteraten. Die Medusen besitzen bereits einen verhältnissmässig hoch entwickelten Nervenapparat, aus vielen Fasern und Ganglienzellen bestehend. Der Körper dieser Thiere besteht auch schon aus den bekannten drei gesonderten Schichten; in der am weitesten nach aussen liegenden Schicht ist das Nervensystem in Form zweier Ringe entstanden und bleibt auch zeitlebens in dieser Schicht liegen. Diese Thatsache hat eine tiefere Bedeutung: Hat doch die Entwicklungsgeschichte den Nachweis geliefert, dass der Leib aller Thiere, mit alleiniger Ausnahme der Protisten, sich aus solchen blattartigen, schichtenweis über einander gelagerten Zellenmassen aufbaut, die in der Zwei- oder Dreizahl vorhanden sind und den Namen Keimblätter führen; ferner weiss man, dass bei den allermeisten Thieren das Nervensystem in dem äusseren Keimblatt, dem Ectoderm sich entwickelt.

Die Sinnesorgane der Medusen sind insofern von Wichtigkeit, als wir hier diese Apparate in ihrer einfachsten Gestalt vor uns haben. An verschiedenen Körperstellen und zwar immer in nächster Nähe des Nervenrings hat das physiologische Experiment eine höhere Empfindlichkeit nachgewiesen und die anatomische Untersuchung daselbst typisches Sinnesepithel constatirt, dessen Elemente lange, in das Wasser ragende Geisselhaare tragen und an ihrem entgegengesetzten Pol eine Faser besitzen, die direct mit dem Nervensystem zusammenhängt. In nächster Umgebung dieser Sinnesepithelien finden sich nicht nur Pigmentanhäufungen, sondern auch lichtbrechende Medien von linsenförmiger Gestalt und ausserdem Einrichtungen, die den Hörorganen höherer Thiere ganz ausserordenlich ähnlich sind.

Diese Verhältnisse weisen darauf hin, dass hier die allereinfachsten Anfänge der Sinnesorgane vorliegen: In dem Sinnesepithel oder in nächster Nähe desselben treten allmälig die accessorischen Apparate auf, die gesonderte Empfindungen von Licht oder Schall ermöglichen, während die Partien ohne diese

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

Einrichtungen vorläufig noch indifferenter Natur sind. Man hat diese letzteren auch sehr bezeichnend »indifferentes Sinnesepithel« genannt. *)

Werden solche Geisselhaare besonders lang und nehmen sie eine festere Beschaffenheit an, so sind dadurch Einrichtungen gegeben, die besonders geeignet erscheinen als Tastorgane zu dienen; oft treten derartige Tastborsten zu kleinen Kämmchen zusammen, die dann in der Regel an besonders exponirten Körperstellen anzutreffen sind. Bei vielen niederen Thieren sind die hervorragenderen und beweglichen Körperanhänge meist durch feines Tastgefühl ausgezeichnet. Die Empfindlichkeit der Taster und Fühler der Arthropoden ist hinlänglich bekannt und vielfach sind hier von Leydig u. A. haarähnliche Nervenenden als Tastborsten gedeutet. In der ganzen, durch hohe Empfindlichkeit ausgezeichneten Haut der Mollusken sind Tastzellen beschrieben, welche pinseltragende Becherchen darstellen. **)

Hier und da trifft man auf verhältnissmässig sehr complicirte Tastapparate, wie bei der Larve von *Corethra*, von der sie Leydig ***) beschreibt. Hier entspringen in den Bauchganglien Nervenfäden und treten in kleinere Ganglien ein, die der Körperoberfläche genähert sind; mit diesen stehen einfache oder gefiederte Borsten in Verbindung, die frei in das Wasser ragen; eine besondere Rolle scheint dabei ein eigenthümlicher, federnder Apparat zu spielen.

Mit grösserer Sicherheit kennen wir die Tastorgane des Menschen und der höheren Thiere, sie liegen ebenfalls in der Haut und können als Derivate derselben betrachtet werden.

Es lassen sich aber ganze Hautpartien namhaft machen, die keineswegs ohne Empfindung sind, jedoch bestimmter Tastnervenendigungen gänzlich entbehren. Hier müssen wir annehmen, dass die Temperatur- und Druckwirkungen ihrer Natur nach keiner besonderer Uebertragungsapparate bedürfen, um die Nervenfaser zu afficiren. Wo aber der Sitz eines besonders feinen

---

*) O. u. R. Hertwig, Nervensystem und Sinnesorgane der Medusen. Leipzig 1878.

**) Flemming, Arch. f. mikr. An. V. VI. Boll, Ebendas. VI. Suppl. Vergl. auch Claparède, der sie zuerst sah.

***) Leydig, Lehrb. der Histologie pag. 211.

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

Tastgefühls ist, da treffen wir auch Tastorgane, kleine Polsterapparate von verschiedener Gestalt und abweichendem Bau.

Die einfachsten sind die sogenannten »Tastzellen«,*) blasenförmige Elemente mit hellem Zellkern, in deren Protoplasma eine Nervenfaser eindringt; treten zwei dieser Tastzellen zusammen, so resultirt eine »Zwillingstastzelle«; vereinigen sich endlich eine grössere Anzahl dieser Zellen zu einem kleinen ellipsoidischen Polsterchen, an welches eine vielfach sich verästelnde Nervenfaser tritt, so entsteht ein »Meissner'sches Tastkörperchen«, die besonders häufig an den Fingerspitzen auftreten. Wieder andere Formen sind die »Endkolben«, die bald kuglig, bald cylindrisch sind; hier bilden mehrere Zellen ein Bläschen mit feinkörniger Substanz erfüllt; in dieses tritt die Nervenfaser ein, die meist mit einer kleinen Anschwellung hier endigt.

In der Haut und der Schnabelspitze vieler Vögel finden wir ähnliche Bläschen; nur sind sie hier mit einigen Lamellen umgeben, die prall mit einer Flüssigkeit erfüllt sind. Aus diesen nach ihrem Entdecker »Herbst'sche Körperchen« genannten Gebilden lassen sich leicht die am längsten bekannten »Vater'schen Körperchen« entstanden denken; diese letzteren haben nur eine bedeutendere Anzahl Lamellen und scheinen besonders dazu bestimmt, mechanischen Druck in hydrostatischen umzusetzen.

Wir finden also in der äusseren Haut aller Thiere besondere Nervenendigungen mit Zellen in Verbindung tretend, die im Allgemeinen den Charakter von Sinneszellen aufweisen. Die vielfach von einander abweichenden Tastorgane der höheren Thiere und der Menschen lassen sich, wie wir gesehen haben, leicht von einander ableiten, eine Thatsache, der wir jedenfalls Bedeutung zuschreiben müssen.

Höchst räthselhafte Gebilde finden wir in der bekannten Seitenlinie der Fische; alles weist darauf hin, dass wir es mit Sinnesorganen zu thun haben; zahlreiche Nerven treten in Epithelzellen ein, die alle Merkmale einer Sinneszelle zeigen; ihre Abstammung vom Ectoderm ist erwiesen; sie liegen anfangs in der äussersten Körperschicht und gerathen erst durch einen Einstülpungsprozess in die Tiefe. Ihre Funktion ist gänzlich unbekannt; sie sind aber deswegen von Interesse, weil sie bei

*) Merkel, Arch. f. mikr. Anat. XI.

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

Amphibienlarven, solange sie im Wasser leben, genau in gleicher Weise auftreten, und erst verschwinden, wenn das Leben in der Luft beginnt. *) Die Existenz dieser Seitenorgane scheint demgemäss mit dem Aufenthalt im Wasser zusammenzuhängen.

Ueber die Geschmacksorgane der niederen Thiere können wir auch nur Vermuthungen aufstellen, obwohl die Erfahrung lehrt, dass diesen Geschöpfen die entsprechenden Empfindungen keineswegs mangeln. Ich erinnere nur an die leckere Stubenfliege und die Honig fressenden Kerfe. Bei der Biene glaubt Joseph **) auch Gechmacksorgane gefunden zu haben; er beschreibt kleine Näpfchen in der Mundhöhle, in welchen helle Bläschen sich zeigen, die einen Stift und eine Faser besitzen. Wurden diese Bläschen unter dem Mikroskop mit indifferenten Bitterstoffen behandelt, so entstand eine bläuliche Färbung, während eine Salzlösung ein gelbgrünes Aufleuchten ergab. Obwohl diese Versuche keineswegs beweisend sind, so lassen sie es immerhin als möglich erscheinen, dass dieser chemische Prozess eine Geschmacksempfindung veranlassen könnte; denn soviel scheint gewiss, dass bei dem Schmecken chemische Prozesse eine Hauptrolle spielen.

Auch vom Menschen und den höheren Thieren kennt man die eigentlichen Schmeckzellen erst seit 1867. An den verschiedenen Papillen der Zunge, auch am Gaumen, und bei Fischen selbst an den Kiemenbögen und den Barteln finden sich zahllose becher- oder knospenförmige Gebilde, sogenannte »Schmeckbecher«; die im Innern dieser Becher liegenden Zellen erweisen sich wieder als typische Sinneszellen; sie haben einen centralen Nervenfortsatz und ein peripheres Härchen oder Stäbchen, was sich in manchen Fällen gabelt; man deutet sie als die eigentlichen »Schmeckzellen«. Da die innere Auskleidung der Mundhöhle in frühen Embryonalstadien sich aus einer Einstülpung aus dem Ectoderm entwickelt, so sind auch die Schmeckbecher mit ihren Sinneszellen gerade wie das Nervensystem Producte des äusseren Keimblattes.

Nicht viel besser wie mit den Geschmacksorganen ergeht es uns mit den Riechapparaten der niederen Thiere. Wir müssen vielen derselben ein ganz ausserordentlich feines Geruchs-

*) Fr. E. Schultze, Arch. f. mikr. Anat. VI.

**) Joseph, Amtl. Ber. d. Naturf.-Vers. in München 1877, p. 227.

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

vermögen vindiciren; man denke nur an die Aas fressenden Insekten, an die Krebse, die man mit Ködern in Masse fängt man denke ferner an die interessante Thatsache, dass Schmetterlinge, die zu den Seltenheiten in einer Gegend gehören, in grösserer Zahl sich einfinden, wenn man ein Weibchen in einem der Luft zugänglichen Behälter exponirt. Es sind dies staunenswerthe Leistungen, gegen welche selbst der Geruchssinn eines Spürhundes nicht allzu hoch geschätzt werden darf. Trotzdem stehen sich über den Sitz des Geruchssinnes bei niederen Thieren die widersprechendsten Anschauungen gegenüber. Wimpernde Grübchen mit Nervenendigungen werden bei Medusen und Würmern als Geruchsgrübchen in Anspruch genommen.*) In den Fühlern der Landschnecken findet sich ein starker Nerv, dessen Fasern in Ganglien sich verbreiten; man glaubt hier im Einklang mit physiologischen Experimenten das Geruchsorgan vor sich zu haben.**) Bei im Wasser lebenden Schnecken kennt man Wimperleisten und radförmige Wimperorgane, die ebenfalls als Geruchswerkzeuge gedeutet werden. Verhältnissmässig sicherer ist man bezüglich der Cephalopoden, da hier ganz ähnliche Bildungen auftreten, wie bei niederen Wirbelthieren und den Embryonen höherer: hinter den Augen der Tintenfische liegen zwei Grübchen; ein direct neben dem Sehnerven im Gehirn entspringender Nerv versorgt diese Riechgruben mit zahlreichen Nervenfäden.

Besondere Schwierigkeiten machen die Arthropoden. Leydig beschreibt bei Daphnien helle Röhrchen mit knopfförmigem Ende an den Antennen und nennt sie Riechhaare; ganz ähnliche Gebilde fand man bei *Asellus*, *Gammarus* und *Astacus* nebst seinen Verwandten. Auch bei Insekten sollen die Antennen die Träger der Riechorgane sein; kleine Grübchen mit einer kraterartigen Erhebung sind als solche gedeutet.***) Eine andere Hypothese geht von der Voraussetzung aus, dass in physiologischer

*) Claus, Denkschrift d. k. Acad. d. Wissensch. Wien XXXVIII. Eimer, Amtl. Ber. d. Naturf.-Vers. München 1877, p. 183 ff. Quatrefages, Mém. sur la fam. des Némertins. Annal. des sc. nat. 1846. 3e sér. Tab. VI.

**) Flemming, Arch. für mikr. Anat. Bd. VI.

***) Vergl. Leydig, Geruchs- und Gehörorgane der Krebse und Insecten. Müll. Arch. 1860. Lehrbuch der Histol. 1857. — Ferner Lefèbore, Ann. de la soc. entom. de France 1838, T. VII. Bergmann u. Leuckart, Phys. Uebersicht des Thierreichs.

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

Analogie mit den Verhältnissen bei Vertebraten die Geruchsorgane Luft athmender Insekten am Eingang der Respirationsorgane liegen müssten. Joseph*) fand auch in der That in der Nähe der Stigmen ein Grübchen mit Nervenendigungen, die er als Geruchgrübchen deutet.

Erst für die Wirbelthiere sind die Geruchsorgane mit absoluter Sicherheit bekannt; das Riechepithel dieser Thiere ist sogar für die ganze Auffassung der Sinnesorgane von klassischer Bedeutung, insofern von ihm Max Schultze im Jahre 1862 zuerst die hypothetische Behauptung aussprach, die Riechzellen seien weiter nichts als modificirte Epithelzellen, die mit dem Nervus olfactorius in Verbindung getreten seien. Diese Auffassung ist seitdem auf die übrigen Sinnesorgane übertragen und hat sich als vollkommen zutreffend erwiesen.

Was nun die Elemente der Riechschleimhaut anlangt, so lassen sie sich in zwei Gruppen bringen. Die einen sind einfache Epithelzellen, tragen weder Härchen noch Stäbchen, zeigen aber einen sich verästelnden Protoplasmafortsatz an ihrem centralen Pol. Die eigentlichen Riechzellen sind weit schlanker, besitzen einen Stift oder einen Stab und haben eine varicöse Nervenfaser an ihrem centralen Pol.

Von besonders hohem Interesse sind aber die gröberen morphologischen Verhältnisse der Geruchsorgane bei den Wirbelthieren. Hier können wir nicht nur, wie bei den Geschmacksorganen, den Ursprung des Riechepithels aus dem äusseren Blatte nachweisen, sondern wir können auch die mannigfachen Abweichungen der gröberen Structurverhältnisse leicht aus einander ableiten; wir können eine continuirliche Reihe, von Einfachem zu Zusammengesetztem allmälig fortschreitend, aufstellen, und viele der niederen Stadien treten in den Embryonalperioden höherer Thiere gleichsam wie in einem Spiegel reflectirt, wiederum auf.

Das Hauptresultat vorweg nehmend können wir behaupten: Die Geruchsorgane bei den Vertebraten sind nichts weiter als Ectoderm-Grübchen am Kopfe, die allmälig complicirteren Bau annehmen und mit der Mundhöhle in Verbindung treten, sobald das Luftleben beginnt.

Der *Amphioxus* besitzt, wie manche Würmer und Mollusken,

---

*) Joseph, Amtl. Ber. d. Naturf.-Vers. München 1877, p. 174 ff.

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

nur ein einziges Geruchsgrübchen vorn am Kopf gelegen; bei den Cyclostomen, zu denen unser Neunauge gehört, ist die Nase auch noch unpaar, wird aber bereits zu einem hinten blind endigenden Rohr; nur bei Myxine, einem parasitisch lebenden Fisch, communicirt dieses Rohr mit der Mundhöhle.

Alle übrigen Vertebraten haben eine paarige Nase; in ihrer einfachsten Form stellt sie zwei symmetrisch gelegene, blind endigende Einstülpungen des Ectoderms dar. So tritt das Geruchsorgan bei vielen Fischen und bei sämmtlichen Embryonen der übrigen Vertebraten auf.

Bei den Rochen und Haien ragen zwei Fortsätze vom Rand dieser Gruben einander entgegen und bilden eine zum Mundwinkel führende Rinne. Hier haben wir also den Beginn einer Communication der Nasenhöhle mit der Mundhöhle vor uns, und dieses Uebergangsstadium tritt genau in gleicher Weise bei den Embryonen der übrigen Wirbelthiere vorübergehend ebenfalls auf.

Die seitlichen Randfortsätze, die bei Rochen und Haien die Nasenfurche bilden, können aber frühzeitig verschmelzen, wie bei manchen Knochenfischen; hier besitzt demgemäss die Nasenhöhle zwei Oeffnungen, die aber beide an der Aussenfläche des Körpers sich befinden. Allmälig rückt nun die eine dieser beiden in die Mundhöhle. Bei den Lurchfischen (*Dipnoi*) und den Kiemenlurchen (*Perennibranchiaten*) liegen die inneren Nasenöffnungen gerade noch auf dem Lippenrand, bei Salamandern und Fröschen sind sie schon hinter die Kieferränder gerückt, bei den höheren Amphibien wandern sie noch weiter nach hinten, bis sie endlich bei allen höheren Vertebraten weit hinten im Rachen als die beiden Choanen ausmünden.

Es scheint, dass diese allmäligen Uebergänge im Causalnexus stehen mit dem successiven Aufgeben des Wasserlebens. Wir haben es hier mit einer Anpassung an den Aufenthalt in der Luft zu thun. Durch die Verbindung der Riechorgane mit dem Respirationsorgan werden erstere nicht nur leistungsfähiger bezüglich ihrer eigentlichen Function, sondern sie stellen jetzt auch noch Wächter für die zarten Athmungswerkzeuge dar.

Noch überraschendere und anziehendere Resultate ergibt die vergleichende Betrachtung der Gehörorgane in der Thierwelt.

Fragen wir wieder nach der denkbar einfachsten Form der Hörwerkzeuge, so muss ohne Weiteres zugegeben werden, dass

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

ein einfaches frei in das Wasser ragendes Härchen von etwas steiferer Beschaffenheit vollständig ausreichend sein kann, um Schallbewegungen des Wassers aufzunehmen und auf die Nerven zu übertragen. Vielfach sind auch derlei Haare an den verschiedensten wirbellosen Wasserthieren beschrieben und als Hörhaare in Anspruch genommen worden. Man suchte diese Deutung auch durch Experimente zu rechtfertigen. Hensen*) fand nämlich an Crustaceen solche Sinneshärchen auf, brachte die Thierchen unter ein Mikroskop, construirte einen schallleitenden Apparat und liess nun eine Trompete anblasen; es ergab sich, dass bei verschiedenen Tönen auch verschiedene dieser Härchen in deutlich mit dem Mikroskop wahrzunehmende Schwingungen geriethen, — ähnlich wie die Saiten eines Claviers ohne Dämpfer in Mitschwingungen versetzt werden, wenn man einen Ton hineinsingt, wobei dann auch diejenigen Saiten am stärksten erklingen, deren Ton dem gesungenen am nächsten verwandt ist.

Aber nur selten ragen die Hörhärchen frei ins Wasser, in weitaus den meisten Fällen befinden sie sich in einem mit Flüssigkeit prall erfüllten Bläschen; mit diesem Bläschen tritt der Hörnerv in Verbindung, dessen Fasern dann in die Epithelzellen des Hörbläschens eintreten, welche an ihrem entgegengesetzten Ende die in die Hörflüssigkeit ragenden Härchen tragen. In der Regel schwimmen in der Hörflüssigkeit feste, kuglige oder crystallisirte Concremente, vorzugsweise aus kohlensaurem Kalk bestehend; sie heissen Hörsteine oder Otolithen und zeigen meist eine zitternde Bewegung. Was für eine Funktion diesen Otolithen zuzuschreiben ist, weiss man nicht. Man glaubt, es seien Dämpfungsapparate, für welche Ansicht man geltend macht, dass in der Säugethierschnecke keine Otolithen sich finden, wohl aber eine eigenthümliche Membran, die Membrana tectoria der Anatomen. Ihre ganze Lage deutet auf einen Dämpfungsapparat hin, ferner sucht man sie mit Recht der Otolithenmembran niederer Vertebraten gleichzusetzen.

Ueberall, wo unzweifelhafte Hörwerkzeuge vorhanden sind, haben wir das gleiche Bauprincip: Ein geschlossenes flüssigkeiterfülltes Bläschen mit Otolithen und Nervenendorganen. Selbst das verwickelte Labyrinth der höheren Vertebraten lässt sich

*) Hensen, Stud. üb. d. Gehörwerkzeuge d. Krebse. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. XIII.

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

vermittelst vergleichender Betrachtung und der Thatsachen der Entwicklungsgeschichte auf diesen Bauplan mit Leichtigkeit zurückführen.

Schon die Medusen tragen in nächster Nähe ihres indifferenten Sinnesepithels diese Hörbläschen in den sogenannten Sinneskörpern.

Bei Muscheln liegen die schönsten Hörbläschen gar im Fusse, während sie bei Schnecken und Würmern (Turbellarien, Nemertinen, *Arenicola, Fabricia* u. a.) dem Kopfganglion dicht angelagert sind. Die Brachiopoden haben nur während ihres Larvenlebens die Hörbläschen, die sich zurückbilden, wenn sich die Thiere festsetzen. Nicht in allen Fällen kann der Zusammenhang mit dem Nervensystem und der Ursprung dieses Hörbläschens mit wünschenswerther Sicherheit nachgewiesen werden. Bei den Medusen sind sie aber mit absoluter Bestimmtheit Derivate des Ectoderms und bei den Tintenfischen weiss man ebenfalls, dass sich das Hörbläschen aus dem äusseren Keimblatt durch einen Einstülpungsprozess, wie bei den Wirbelthieren entwickelt; und wie bei Rochen und Haien, so kann man auch bei Tintenfischen die nach aussen führende Einstülpungsöffnung auch an ausgewachsenen Thieren auffinden.

Die Hörwerkzeuge der Arthropoden kennen wir nur bei wenigen Gruppen mit genügender Sicherheit. Ein kleines Krebschen (*Mysis*) ist dadurch berühmt, dass es seine Ohren, zwei prachtvolle Hörbläschen mit grossen Otolithen gar in der Schwanzklappe trägt. Dieser immerhin eigenthümliche Standort darf uns nicht allzusehr wundern, denn wir können aus anderen Gebieten ebenfalls auffallende Beispiele derart anführen. Die Medusen haben ihre Sinneskörper an verschiedenen und zahlreichen Stellen ihres Schirmrandes; manche Muscheln tragen eine grosse Zahl von Augen an ihrem ganzen Mantelrand, *Amphicora*, ein Borstenwurm, hat Augen an beiden Körperenden, und *Polyophthalmus*, ebenfalls dahin gehörig, hat sogar an jedem seiner zahlreichen Segmente Augen. Diese Thatsachen beweisen nicht nur die ungemein grosse Anpassungsfähigkeit des gesammten Integumentes, sondern sie sind in vorzüglichem Grade dazu geeignet, uns beim Homologisiren ähnlicher Gebilde vorsichtiger zu machen, als gegenwärtig viele Zoologen es sind. So tragen, um nur noch ein Beispiel anzuführen, Grillen und Heuschrecken ihre Ohren in den Schienen der Vorderbeine, während die Feldheu-

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

schrecken dieselben an den Seiten der ersten Hinterleibsringe haben; und die einzelnen Formverhältnisse weichen bei ganz nahe verwandten Gattungen in einem solchen Grade ab, dass man selbst hier, nach Graber,*) an ihrer Gleichwerthigkeit zu zweifeln berechtigt ist. Die Richtigkeit der Deutung dieser Apparate als Ohren bei den eben genannten Orthopteren ist durch die neueren Untersuchungen Graber's wieder sehr in Frage gestellt. Es zeigte sich das merkwürdige Factum, dass diese Thiere nach der Exstirpation dieser vermeintlichen Ohren auf Geräusche und Töne noch gerade so gut, ja sogar noch besser reagiren als früher. Auch hörten sie nicht auf zu musiciren und die Geschlechter lockten sich nach wie vor durch Töne einander an.

Bei den zehnfüssigen Krebsen stossen wir auf typische Hörbläschen im Basalglied der inneren Fühler, sie stellen eine Hauteinstülpung dar und communiciren zeitlebens mit der Aussenwelt, sind also mit Wasser gefüllt. Die Rolle der Otolithen spielen hier kleine Sandkörner, die sich der Krebs selbst in die Ohren hineinarbeitet, was Hensen dadurch bewies, dass er zu frisch gehäuteten *Palaemon*, die also ihre Hörsteine verloren hatten, Harnsäurecryställchen brachte, welche er später in den Hörbläschen wieder auffand.

Dass wir, wie bemerkt, das wunderbar gebaute Ohr der Wirbelthiere auf die typische Bläschenform zurückführen können, verdanken wir der Embryologie. In frühen Entwicklungsstadien bildet sich zu beiden Seiten der Medulla oblongata eine Einstülpung des äusseren Blattes, die allmälig tiefer wird, sich von dem Ectoderm abschnürt und sich schliesst. Aus den Wandungen dieses primitiven Ohrbläschens entwickeln sich später die Sinnesepithelien des Ohres; also auch hier verdankt der wichtigste Apparat, die Sinneszellen, seinen Ursprung dem Ectoderm. Das in die Tiefe gerückte einfache Bläschen nimmt durch allerlei Ausbuchtungen und Hervorstülpungen die merkwürdige Gestalt an, die zur Bezeichnung Labyrinth die Veranlassung gab. Das Labyrinth ist, wie bei den Wirbellosen, mit der Hörflüssigkeit gefüllt, in der die Otolithen schwimmen. Mit dem Labyrinthbläschen tritt ein Nerv, der Nervus acusticus, der nach Gegenbaur ein modificirter Hautnerv ist, in Verbindung; das mittlere Keim-

*) Graber, Die tympanalen Sinnesapparate der Orthopteren. Denkschr. d. k. k. Acad. d. Wiss. Wien. Bd. XXXVI.

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

blatt liefert unter anderm eine knöcherne Umhüllung; die erste Kiemenspalte wird von den Amphibien an aufwärts zur Paukenhöhle, während aus den Kiemenbogen selbst, — die bekanntlich bei den Embryonen höherer Wirbelthiere ähnlich auftreten, wie bei den Fischen, nur dass sie ein anderes Schicksal haben — schallleitende Apparate entspringen.

Ganz wie für das Geruchsorgan lässt sich auch für das Hörorgan ein successives Auftreten der oben gekennzeichneten Complicationen darthun, und hier wie dort tritt nicht nur wiederum eine allmälige Anpassung an das Leben in der Luft auf, sondern es existirt auch ein entschiedener Parallelismus zwischen den Embryonalzuständen höherer und den fertig entwickelten Ohren niederer Vertebraten.

Der Einstülpungscanal des Labyrinthbläschens hat sich bei Rochen und Haien erhalten. Die drei bekannten halbzirkelförmigen Canäle treten in der Wirbelthierreihe successive auf. Myxine hat einen einzigen, *Petromyzon* deren zwei und erst die übrigen haben die drei Bogengänge entwickelt. Die Schnecke, jener wichtigste Abschnitt des Labyrinthes, deren wunderbarer Einrichtung wir es zu verdanken haben, dass wir aus einer Klangmasse einzelne Töne herauszuhören vermögen, die also die Existenz der Musik direct bedingt, — sie kann gleichfalls in ihrer allmäligen Entwicklung verfolgt werden: Die Schnecke der Fische ist eine leichte Ausbuchtung des Labyrinthes, die bei den Amphibien, Reptilien und Vögeln sich allmälig vergrössert und an ihrem Ende etwas angeschwollen ist. Die Schnecke der niedersten Säugethiere, des merkwürdigen Schnabelthiers und der *Echidna* ist auf dieser Entwicklungsstufe stehen geblieben; sie haben die gleiche Schnecke, wie die Vögel und Reptilien, und erst bei den höheren Säugern nimmt dieses Gebilde die Form an, die ihm den Namen gab.

Vergleichen Sie nun hiermit die Formveränderungen der Gehörschnecke bei den Embryonen der höheren Thiere. Die früheste Anlage ist eine leichte Ausbuchtung, wie bei den Fischen; bald aber wächst sie in die Länge und bietet bei Säugethierembryonen eine Lage und eine Form, die — nach einem Ausdrucke Kölliker's*) — fast auf ein Haar die Verhältnisse wiedergeben

*) Kölliker, Entwicklungsgesch. pag. 724.

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

wie bei den Vögeln. Bei *Echidna* und *Ornithorhynchus* bleibt sie auch auf diesem Stadium stehen, bei den übrigen aber beginnt sie bald die bekannten Spiralkrümmungen.

Der Schall-Leitungsapparat erscheint erst mit dem beginnenden Luftleben; während die Schallwellen im Wasser genügende Intensität besitzen, um auf die Gehörorgane durch die Körperwände hindurch einwirken zu können, bedarf es zum Hören in der Luft eines mehr oder weniger feinen Hebelsystems, das in seiner höchsten Ausbildung ganz ausserordentlich feine Luftschwingungen dem Labyrinth vermitteln kann. Es setzt sich dieser Apparat im Wesentlichen aus einer schwingenden Platte, dem Trommelfell, und einem, oder einer Kette von drei Gehörknöchelchen zusammen.

Wem verdanken diese Letzteren ihren Ursprung? Sind sie neu auftretende Organe oder finden wir sie auch schon bereits bei Wasserthieren?

Wie bereits erwähnt, treten bei den Embryonen höherer Thiere Kiemenbogen auf, die in Lage und Form im Allgemeinen den Kiemenbogen der Fische entsprechen, nur ist eben ihr Schicksal bei den verschiedenen Wirbelthieren ein verschiedenes. Die Kiemenspalte, die bei Rochen und Haien die Spritzlöcher bildet, wird von den Amphibien an aufwärts zur Paukenhöhle, die mit der Mundhöhle gerade so wie die Kiemenspalte communicirt; diese Communication ist die Eustachische Trompete, die bei starken Schalleindrücken durch Oeffnen des Mundes ein Sprengen des Trommelfelles gelegentlich verhindern kann. Der Verschluss der Paukenhöhle nach aussen ist eben das Trommelfell, und das äussere Ohr, wo ein solches überhaupt vorhanden, ist lediglich eine Modification der Kiemenspaltenränder. Die Verbindung zwischen Labyrinth und Trommelfell ist bei Amphibien, Reptilien und Vögeln durch ein einziges Knöchelchen, die sog. Columella, bewerkstelligt, einem Derivat des zweiten Kiemenbogens. Erst die Säugethiere besitzen eine Kette von drei Gehörknöchelchen, die als Hammer, Amboss und Steigbügel genügend bekannt sind. Der Steigbügel entspricht der Columella, die beiden übrigen Knochen entstehen gleichfalls aus dem zweiten Kiemenbogen; sie finden sich auch schon bei sämmtlichen niederen Wirbelthieren, funktioniren aber hier als Verbindungsstücke zwischen Ober- und Unterkiefer, sind also beträchtlich grösser. Der Amboss

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

entspricht dem Quadratbein, der Hammer dem Os articulare der Anatomen.

Das Gehörorgan der Wirbelthiere stellt also in der That ein vom äusseren Blatt stammendes Bläschen dar, welches sich successive durch Ausbuchtungen etc. zu dem Labyrinth gestaltet und mit welchem bei fortschreitender Entwicklung verknöcherte Abschnitte der Kiemenbogen in Verbindung treten, ein feines Hebelwerk darstellen, um die feinsten Schallbewegungen dem Labyrinth, also den Nervenendigungen zu übermitteln.

Diese letzteren finden sich an verschiedenen Stellen des Labyrinthes vertheilt; die mit Hörhaaren in der Ein- oder Mehrzahl versehenen Hörzellen treten zu Gruppen zusammen und formiren die Maculae und Cristae acusticae. Die Hörzellen sind evidente Epithelzellen und zeigen an ihrem einen Pol die Nervenfaser. Besonders zahlreich sind aber die Hörzellen in der Schnecke und hier tragen sie alle ganze Büschel von Hörhärchen. Sie stehen auch hier zu Gruppen vereinigt und setzen mit noch anderen Gebilden das sehr genau untersuchte Corti'sche Organ zusammen, von dem hier nur das Wichtigste hervorgehoben werden kann.

Alle Hörzellen stehen auf einer besonderen Membran, welche in der Schnecke ausgespannt ist, alle Windungen derselben mitmacht und einen höchst bemerkenswerthen mikroskopischen Bau zeigt. Dieses von den Anatomen als Membrana basilaris bezeichnete Häutchen ist nämlich aus zahllosen radiär angeordneten Fäserchen zusammengesetzt. Da nun die Basilarmembran wie der Schneckencanal nach oben allmälig schmäler wird, so verjüngen sich auch die Radiärfasern und es lässt sich eine gewisse Aehnlichkeit der letzteren mit den Saiten eines Klaviers nicht verkennen. Die Membrana basilaris spielt höchst wahrscheinlich die Rolle des Analysators, durch den es ermöglicht ist, aus einer ganzen Klangmasse einzelne Töne herauszuhören; ihre Fasern werden durch die Schallbewegungen des Labyrinthwassers in Mitschwingungen versetzt, und gerade wie beim Klavier ohne Dämpfer diejenigen Saiten am stärksten erklingen, deren Eigentöne dem angegebenen Ton am nächsten verwandt sind, gerade so werden sich die Fasern verhalten und auf die über ihnen befindlichen Hörzellen mehr oder weniger stark einwirken. Früher glaubte man in den Corti'schen Bogen die Analysatoren suchen zu müssen, seit man aber weiss, dass die Vögel, jene eminent

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

musikalischen Geschöpfe, keine Bogen besitzen, folgt man der oben gegebenen Deutung Hensen's.*)

Es bleibt uns nun noch das Auge übrig. Gerade so, wie wir Hörorgane bereits bei den Medusen aus dem indifferenten Sinnesepithel sich entwickeln sahen, sei es als einfache, frei in das Wasser ragende Härchen, sei es als theilweise oder ganz geschlossene Bläschen mit Otolith, gerade so treffen wir auch hier zum erstenmal auf unzweifelhafte Sehorgane. Die Sinneszellen haben sich mit Pigment umgeben, es treten bereits lichtbrechende Medien, linsenförmige Verdickungen der äusseren Körperschicht auf. Aber die drei Hauptfactoren der Sehorgane: Nervenendigungen, Pigmente und lichtbrechende Medien sind bereits vollständig vorhanden; sie haben sich aus dem äusseren Blatt gesondert, liegen aber noch vollständig in demselben. Wo wir unzweifelhafte Augen antreffen, sind diese drei Factoren beim Aufbau betheiligt, nur lichtbrechende Medien fehlen zuweilen. Demgemäss kann man von dem bei manchen Turbellarien, Rotatorien und andern Würmern dem Gehirnganglion aufgelagerten Pigmentfleck wohl nicht mit absoluter Bestimmtheit behaupten, dass er ein Auge sei, da Sinneszellen noch nicht nachgewiesen sind.

Die Nervenendorgane im Auge sind durchgängig von stäbchen- oder zapfenförmiger Gestalt; die Zellen, denen sie aufsitzen, sind typische Epithelzellen mit centralem Nervenfortsatz; bemerkenswerth ist, dass bei manchen Augen (Wirbelthiere und einzelne Mollusken) die Stäbchen dem Licht abgewendet stehen; das Licht muss vorher einige Gewebsschichten durchdringen, um zu den Stäbchen zu gelangen.

Woher wissen wir, dass die Stäbchen und Zapfen beim Sehen in der That die Rolle von Uebertragungsapparaten spielen?

Wir kennen nämlich im Auge der Wirbelthiere eine Stelle, wo Zapfen und Stäbchen fehlen; dies ist die Eintrittsstelle des Sehnerven; es gelingt leicht, darzuthun, dass dieser bekannte Mariotte'sche Fleck vollständig blind ist. Ferner: Beleuchten wir unsere Retina in schräger Richtung, so gewahren wir die bekannte Purkinje'sche Schattenfigur, die dadurch entsteht, dass die vor den Stäbchen befindlichen Retinagefässe auf diese einen Schatten werfen.

*) Hensen, Zeitschr. für wiss. Zool. XII. pag. 481.

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

Das allereinfachste Aeuglein besitzen einige Räderthierchen und die berühmte Larvenform der Crustaceen, der *Nauplius*. Hier liegt ein einziges Stäbchen im Pigment eingebettet; diese Einrichtung ist vollständig ausreichend, um verschiedene Intensitätsgrade von Lichtwellen zu unterscheiden, während es kaum denkbar ist, dass damit Farben oder Raumverhältnisse percipirt werden können.

Die nächste Complication zeigen die Echinodermen (Seesterne *) und die Wasserflöhe (Daphnien); hier treten mehrere in Pigment gehüllte Sehstäbchen auf, und bei den Daphnien bildet ihre Aussenfläche einen Theil einer Kugeloberfläche. Wenn wir wollen, so können wir hier bereits von einer Retina sprechen, die kugelig nach aussen sich hervorwölbt und deren einzelne Elemente von verschiedenen Strahlen verschieden afficirt werden. Aber hier steht das Sehvermögen noch auf tiefer Stufe; denn halten wir daran fest, dass durch ein Nervenstäbchen einer Nervenfaser nur ein Eindruck vermittelt werden kann, so ist klar, dass durch die geringe Zahl der Stäbchen in jenen Augen auch nur eine sehr beschränkte Zahl von Einzelempfindungen hervorgebracht werden kann.

Bei fortschreitender Entwickelung des Auges treten lichtbrechende Medien auf.

Ein kleines Krebschen, *Corycaeus*, hat wie der *Nauplius* ein einziges Sehstäbchen; aber vor ihm ist eine Linse eingeschaltet. Offenbar hat letztere nicht die Bestimmung, ein Bild zu entwerfen, da ja keine genügende Zahl von Stäbchen hinter der Linse vorhanden ist, um die punctuellen Verschiedenheiten des Bildes zur Perception zu bringen; die Linse verstärkt lediglich die Wirkung, indem sie ein ganzes Bündel Lichtstrahlen concentrirt und auf das Stäbchen wirft.

Ganz anders aber gestaltet sich die Sache, wenn die Linse mit einer grösseren Anzahl von Sehzellen sich combinirt; letztere bilden dann eine flächenhaft entwickelte Retina, und das ganze Auge stellt nunmehr eine Camera obscura dar, wie sie der Photograph benützt. Die Linse entwirft ein verkleinertes, umgekehrtes Bildchen auf die Retina und letztere verhält sich ähnlich wie die lichtempfindliche Platte des Photographen. Diese Analogie geht

*) Häckel, Zeitschr. f. wiss. Zool. X.

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

sogar noch beträchtlich weiter. Vor einigen Jahren entdeckte Boll in der Netzhaut von Wirbelthieren einen rothen Farbstoff, den sogenannten Sehpurpur, der die höchst bemerkenswerthe Eigenschaft hat, durch Licht zersetzt zu werden. In rasch geöffneten Augen eben getödteter Thiere kann man noch deutlich das verkleinerte umgekehrte Bildchen vor dem Tod angeschauter Objecte, z. B. eines hell erleuchteten Fensterkreuzes, erkennen. Der Sehpurpur hat möglicherweise weitere Verbreitung. Die Stäbchen in Arthropodenaugen zeigen nämlich gleichfalls röthlichen Schimmer, und von Max Schultze wurde auch im Cephalopodenauge eine rothe Farbe beobachtet.

Durch die Entdeckung des Sehpurpurs sind die Ansichten über das Wesen des Sehvorgangs erheblich alterirt. Während man früher die Stäbchen bald als katoptrische Apparate, bald als Einrichtungen, durch welche stehende Lichtwellen erzeugt würden, deutete, ist man jetzt genöthigt, einem chemischen Prozess die Hauptrolle beim Sehen zu vindiciren; die Natur dieses Prozesses wird wahrscheinlich durch die Beschaffenheit der Lichtstrahlen bestimmt. In welcher Weise dabei die Stäbchen alterirt werden, ist bis jetzt gänzlich unbekannt. Soviel scheint aber gewiss, dass von diesem Prozess nur soviel zur Perception kommt, als einzelne Stäbchen in Mitleidenschaft dabei gezogen werden; demgemäss muss die im Gehirn durch eine Art Addition der Einzelempfindungen entstehende Gesichtsvorstellung um so ausgebildeter und detaillirter sein, je mehr Stäbchen getroffen werden und je feiner diese sind. Gerade so, wie man aus kleinen und zahlreichen Steinchen ein feiner ausgeführtes Mosaikbild construiren kann, wie aus grossen und wenigen, so werden auch diejenigen Thiere besser sehen, die möglichst kleine, aber zahlreiche Stäbchen und Zapfen besitzen.

Hält man an dieser Vorstellung fest, so lässt sich auch die berühmte Frage nach dem Aufrechtsehen der Gegenstände, die doch auf unserer Netzhaut verkehrt abgebildet sind, erledigen. Im Grunde ist diese Frage ohne Weiteres beseitigt, wenn man sich nur klar macht, dass wir ja durch unsere Sinnesorgane überhaupt gar keine Abbilder der Aussenwelt erhalten. Nur Einwirkungen der Objecte auf unser Nervensystem finden statt. Will man aber dennoch diese vielumstrittene Frage erörtern, so bedenke man, was schon Joh. Müller so treffend bemerkt, dass wir ja Alles ver-

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

kehrt sehen, folglich auch unseren eigenen Körper und die tastende Hand. Und ferner: Was kommt denn in unser Gehirn? Lediglich eine Summe von Einzeleindrücken, vermittelt durch die einzelnen Stäbchen, aber keineswegs ein Bild; die Synthese zu einer Gesichtsvorstellung findet im Gehirn statt, wobei die Innervationsgefühle bei der Augenbewegung eine erhebliche Rolle spielen, und der Umstand, dass das Sehstäbchen, welches mir den höchsten Punkt eines angeschauten Objectes vermittelt, bei dem Netzhautbild zu unterst liegt, kommt gar nicht in Betracht, weil ich ja von der Lage der gereizten Stäbchen auf meiner Netzhaut nicht die geringste Vorstellung habe. Dass aber die relative Lage der in Wirkung tretenden Stäbchen von Bedeutung ist, leuchtet von selbst ein.

Bilderzeugende, nach dem Princip der Camera obscura gebaute Augen kommen in der Thierwelt weit verbreitet vor, und es würde zu weit führen, wollten wir alle kleinen Modificationen bei Würmern, Mollusken, Arthropoden und Wirbelthieren erörtern. Nur Einiges mag noch hervorgehoben werden:

Ein sehr wunderbares Auge hat der zu den Cephalopoden gehörige *Nautilus;* es stellt auch eine Camera obscura mit äusserst ausgebildeter Retina dar; merkwürdigerweise fehlt aber die Linse vollständig. Die Augenkammer communicirt durch eine feine Pupillenöffnung mit der Aussenwelt, ist also durch Wasser ausgefüllt; die Pupillenöffnung kann aber so fein gemacht werden, dass nach bekannten optischen Gesetzen ebenfalls ein umgekehrtes und verkleinertes Bild auf der Retina erzeugt wird.

Die übrigen Tintenfische haben ausserordentlich hoch entwickelte Augen, die in manchen Beziehungen wahrhaft überraschende Analogien mit dem Wirbelthierauge darbieten. Indessen es hat eine genaue Untersuchung die Unmöglichkeit einer Homologie festgestellt. Erwähnt sei noch die bemerkenswerthe Beobachtung Hensen's,*) nach welcher an eine Stäbchenzelle des Cephalopodenauges drei Nervenfasern treten; würde sich dies auch bei andern Thieren bestätigen, so würde dies der gegenwärtig viel bestrittenen Young-Helmholtz'schen Farbentheorie eine erhebliche Stütze bieten.

---

*) Hensen, Ueber das Auge einiger Cephalopoden. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. XV.

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

Den grössten Modificationen unterliegt das Auge bei den Arthropoden. Ausser dem bereits geschilderten *Nauplius*-Auge, dem Auge des *Corycacus* und der *Daphnia* treten neben ächten bildersehenden Augen die wunderbaren Facettenaugen auf. Die bildersehenden Augen heissen hier Punktaugen, Ocellen oder Stemmata und finden sich ausser bei Spinnen, Krebsen, Tausendfüsslern und vielen Insektenlarven auch bei ausgebildeten Insekten; im letzteren Fall sind sie zu drei vorhanden und stehen auf dem Scheitel. Die Punktaugen repräsentiren becherförmige Vertiefungen der äusseren Körperhaut, deren Oeffnung nach aussen mit einer linsenförmigen Integumentverdickung verschlossen ist. Im Grunde des Bechers liegt die Retina und zwischen ihr und der Linse sind einige glashelle Zellen, der Glaskörper, eingeschaltet, während Pigment den Augenbecher rings umgibt.

Das merkwürdige Facettenauge lässt sich nun leicht aus diesem Punktauge ableiten. Vermehren sich nämlich die Integumentlinsen, wobei ihre Grösse abnimmt, und findet eine Differenzirung der Retina und des Glaskörpers dergestalt statt, dass je etwa 7 Retinazellen und immer 4 Glaskörperzellen sich zu einer Gruppe vereinigen, sich mit Pigment umkleiden und mit einer der zahlreichen Facettenlinsen in Verbindung treten, so haben wir ein Einzeläuglein des zusammengesetzten Insektenauges vor uns.*) Dabei werden die 4 Glaskörperzellen zu dem bekannten Krystallkegel, die entweder nach Grenacher's neuesten Untersuchungen ihre weiche Beschaffenheit zeitlebens behalten oder aber durch einen Cuticularisirungsprozess allmälig verhärten. Bei verschiedenen Insekten sind Uebergangsstadien dieses Prozesses noch nachzuweisen.

Wie wird nun mit dem Facettenauge gesehen?

Zwei Möglichkeiten liegen vor.

Erstens: In jedem Aeuglein entsteht durch die Facettenlinse ein umgekehrtes Bildchen der angeschauten Objecte; es sind also soviel Bilder da, als Facettenaugen. Diese Anschauung wird seit neuerer Zeit aufgegeben. Denn die geringe Anzahl von Retina-Elementen in einem Einzelauge, deren Stäbchen dazu auch noch zu einem einzigen Sehstab (»Rhabdom« Grenacher) verschmelzen, ist nicht im Stande, eine grössere Summe von Einzelreizen, die

*) Vergl. Grenacher, Untersuch. über das Insektenauge. Klin. Monatsblätter für Augenheilkunde. Rostock 1877.

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

doch zur Perception des Bildes erforderlich wären, dem Centralorgan zu übermitteln; dann aber ist gar keine flächenhafte Retina vorhanden, wo ein Bild überhaupt entstehen könnte, und ferner hat Exner*) dargethan, dass nur central einfallende Strahlen zum Sehstab gelangen können, da die Krystallzellen durch totale Reflexion das Zustandekommen eines Bildes vollständig unmöglich machen. Ausserdem aber können ja die Facettenlinsen vollständig fehlen, wie bei den Crustaceen.

Zweitens: Es kommt beim Sehen mit dem Facettenauge überhaupt nicht zur Construction eines Bildes; die Linsen dienen, wie beim *Corycaeus*-Auge nur zur Verstärkung, und soviele Einzelaugen in dem kugelig hervorgewölbten Facettenauge stecken, soviele Einzelempfindungen werden beim Sehen erzeugt, gerade wie beim Daphnidenauge. Die Einzeleindrücke werden dann durch das Centralorgan addirt, gerade so wie es im Grunde genommen auch bei den bildersehenden Augen sich verhält; denn ob die meine Stäbchen reizenden Lichtstrahlen vorher einmal irgendwo zu einem reellen Bild vereinigt waren, ist für das Wesen des Sehvorgangs eigentlich irrelevant, wenn nur die relative Lage der von einem Object gereizten Stäbchen die gleiche bleibt. Da die Einzelaugen wie Kugelradien angeordnet sind, so wird bei einem ruhig dasitzenden Insekt ein bestimmtes Aeuglein, z. B. von der Spitze eines Baumes, ein weiter darunter liegendes von einem Punkt des Stammes getroffen. Alle dazwischen und seitlich stehenden werden durch verschiedene Punkte der Krone verschieden afficirt. Die Gesammtheit aller dieser Reize liefert die Gesichtsvorstellung.

Diese Anschauung über die Function des Facettenauges wurde bereits vor 50 Jahren von Joh. Müller vertreten; er nannte diesen Sehprozess das Sehen nach dem Princip der musivischen Sonderung, insofern von einer Menge von Lichtstrahlen durch die Einzeläuglein gewisse central einfallende ausgesondert werden und zur Wirkung gelangen.

Seine höchste Ausbildung und weiteste Verbreitung hat das Auge im Wirbelthierreiche. Nur der zweifelhafte *Amphioxus* hat lediglich einen Pigmentfleck, und wo wir auf blinde Wirbelthiere treffen, liegen stets rückschreitende Metamorphosen vor, An-

*) Exner, Ueber das Sehen von Bew. u. die Theorie des zus. Auges. Wiener Sitzungsber. III. Abth. Juliheft 1875.

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

passungen an parasitische Lebensweise oder an den Aufenthalt an dunklen Localitäten.

Es unterliegt das Wirbelthierauge auch nur geringen Modificationen, die durch den Aufenthalt im Wasser oder in der Luft, oder durch die Lebensweise überhaupt bestimmt sind. Hierauf einzugehen verbietet die Kürze der Zeit.

Wollen wir aber die wichtigsten Theile des wundervollen Wirbelthierauges in ihrer Bedeutung richtig würdigen, so müssen wir auf die Entwicklungsgeschichte in Kurzem eingehen, deren Resultate auch den vielfach complicirten Bau leichter verständlich machen:

In dem äusseren Keimblatt entsteht in frühen Embryonalperioden das Nervensystem zunächst als eine Längsrinne, die sich allmälig von vorn nach hinten zu verschliesst, also zu einem Rohre wird, und in die Tiefe rückt. Wir halten fest, dass das Centralnervensystem ein Derivat des äusseren Keimblattes ist. An dem vorderen Ende des Nervenrohrs entstehen drei blasenförmige Erweiterungen, aus denen das Gehirn seinen Ursprung nimmt. In der vordersten dieser drei primitiven Hirnblasen entwickeln sich nun zwei seitliche Ausbuchtungen, die bald zu zwei mit der Vorderhirnblase in Verbindung stehenden gestielten Blasen werden; sie heissen die primitiven Augenblasen und wachsen allmälig hervor bis zur Berührung mit der äusseren Haut, die sich über dem gesammten Nervensystem geschlossen hat. An der Berührungsstelle zwischen Augenblase und Integument entsteht nun in letzterem eine Verdickung, die aber bald zu einer Einstülpung sich umbildet, auf die Augenblase drückt, wodurch diese letztere von aussen herein gedrückt wird und dann einen doppelwandigen Becher darstellt, dessen Stiel mit dem Vorderhirn zusammenhängt. Der Stiel wird später zum Sehnerv; die hintere oder äussere Becherwand gibt der Pigmentschicht der Retina den Ursprung, während aus der inneren Becherwand sich die übrigen 5 Retinalschichten differenziren. In den Hohlraum des Bechers ragt die bald sich abschliessende Integumenteinstülpung hinein und entwickelt sich zur Linse. Das mittlere Keimblatt liefert die übrigen Augentheile, die Selera, Cornea, den Glaskörper, Chorioidea, die Scheide des Opticus und die übrigen accessorischen Augentheile. Was uns am meisten interessirt, ist der Ursprung des wichtigsten Augentheils, des Sinnesepithels der Retina, aus dem äusseren

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

Blatte; gewiss ein höchst bemerkenswerthes Resultat, zumal wenn wir uns erinnern, dass auch für viele Wirbellose der Ursprung der Sehzellen aus dem Ectoderm constatirt ist, und dass die Sinneszellen im Ohr, im Geruchs- und Geschmacksorgan ebenfalls mit absoluter Bestimmtheit im Ectoderm entspringen.

Der äusserst verwickelte Bau der Retina wird uns durch die soeben geschilderte Entwicklung verständlicher. Die hintere Hälfte des Augenbechers liefert Retinapigment, das sich bis in die Iris fortsetzt. Aus der innern Becherwand entstehen 5 Schichten, die deutlich in zwei Abtheilungen zerfallen, eine nervöse und eine epitheliale.

Die nervöse Abtheilung, die unter anderem die Opticusfasern und zahlreiche Ganglien enthält, kann als eine dünne Lage grauer Hirnsubstanz aufgefasst werden, worauf ja auch ihr Ursprung hinweist, während die Epithelialschicht genau dem Epithel des durch Einstülpung entstandenen Centralcanals entspricht. Ihre Zellen lagen einmal in der äussersten Körperschicht, wo viele Sehzellen niederer Thiere zeitlebens verbleiben. Wie soeben angedeutet, enthält die Epithelschicht die eigentlichen Sehzellen, die theils mit cylindrischen, schlanken Stäbchen, theils mit flaschenförmigen Zapfen ausgestattet sind. Je höher die Thiere organisirt sind, je zahlreicher sind die Stäbchen und Zapfen, je detaillirter wird also gesehen. Beim Menschen schätzt man ihre Zahl auf 130 Millionen, während die Zahl der Opticusfasern nur auf 1 Million geschätzt wird. Demgemäss werden wahrscheinlich mehrere Endorgane auf eine Nervenfaser kommen. Den wirklichen Zusammenhang zwischen Sehzelle und Nervenfaser kennen wir nicht; wir verfolgen die Opticusfasern in die Ganglienzellen, jene »Kraftmagazine«, wir sehen sie auch wieder heraustreten, verlieren sie aber alsdann in der fein granulirten Schicht.

Genau am hinteren Ende der Augenaxe kennt man eine vertiefte Stelle der Retina, die von ihrer gelben Farbe beim Menschen und Affen den Namen Macula lutea führt. Sie ist die Stelle des deutlichsten Sehens, auf die beim Fixiren stets das Bild des fixirten Objectes fällt. Die Sehzellen tragen hier nur Zapfen von ungemeiner Feinheit; die übrigen Partien der Retina verhalten sich zu diesem gelben Fleck nach einem hübschen Vergleich, wie der Sucher am feinen Teleskop zu diesem selbst. —

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

Wir sind mit unseren Betrachtungen zu Ende gekommen. Das ungeheure Wissensgebiet konnten wir freilich nur flüchtig durchwandern, um hier und da einige Früchte zu pflücken. Nichtsdestoweniger können wir einige allgemeine Resultate aufstellen, die sich daraus unmittelbar ergeben.

Zunächst hat sich gezeigt, dass die Sinnesorgane in der Thierwelt auf verschiedenen Entwicklungsstufen sich befinden, von denen viele von einfacheren, ebenfalls vorhandenen abgeleitet werden können. Andere sind fast stets nach einem gleichen Princip construirt, wenn dies auch nicht auf den ersten Blick in die Augen fällt.

So liessen sich die vielfach variirenden Tastorgane der Wirbelthiere auf allmälig sich mehr und mehr complicirende Polsterapparate zurückführen. Die Geruchsorgane innerhalb des gleichen Typus können in eine vollständige Entwicklungsreihe gebracht werden, und niedere Glieder dieser Reihe treten bei Embryonen höherer Thiere in identischer Weise wieder auf, aber nur vorübergehend.

Das Ohr besitzt fast im ganzen Thierreich den gleichen Bauplan: Ein Bläschen mit Otolithen und Nervenenden. Die Complicationen des Wirbelthierohres, die Bogengänge, die Schnecke und die Gehörknöchelchen treten in der Wirbelthierreihe successive auf und in der gleichen Reihenfolge entwickeln sie sich beim Embryo.

Das Auge erweist sich stets aus drei Factoren zusammengesetzt: Nervenstäbchen, Pigment und lichtbrechende Medien, die in vielen Thierstämmen zu einer Camera obscura zusammentreten, deren Bildfläche von den Nervenstäbchen dargestellt wird.

Allen Sinnesorganen gemeinsam sind aber die Sinneszellen mit ihren Nervenfortsätzen und ihren cuticularen Endgebilden; meist treten sie zu Gruppen zusammen und bilden das Sinnesepithel, das in seiner primitivsten Form bei den Medusen als indifferentes Sinnesepithel zum erstenmal auftritt.

Für die meisten Fälle ist festgestellt, dass die Sinnesepithelien aus dem äusseren Keimblatt stammen. Entweder bleiben sie zeitlebens in der äusseren Haut liegen, oder sie wandern in die Tiefe, theils zum Schutz, theils um mit accessorischen Apparaten in Verbindung zu treten.

Die Sinnesorgane sind demnach eigentlich weiter nichts als modificirte Hautpartien, die mit dem Nervenapparat in Verbindung

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

treten und deren Structur von der jeweiligen Entwicklungsstufe des betreffenden Geschöpfes abhängig ist.

Es ist klar, dass durch den Entwicklungsgrad der Sinnesorgane auch ihre Leistungsfähigkeit bedingt ist und demgemäss können wir behaupten, dass auch unsere Erfahrung, unsere ganze Erkenntniss von der gegenwärtigen Structur unserer Sinnesapparate direct abhängig sein muss.

Es kommt dabei, ausser den accessorischen Apparaten und den gröberen Verhältnissen, zunächst und vorzugsweise die Beschaffenheit der specifischen Nervenenden, der Stäbchen, Zapfen, Härchen etc. in Betracht, denn hiervon ist ja nach unserer Vorstellung die Natur des Nervenprozesses bestimmt.

Ueber die Beziehungen der Endapparate unserer Sinnesorgane zu den Vorgängen der Aussenwelt einerseits und zu dem Nervenprocess andererseits, sowie über die Natur des letzteren selbst stehen uns nur Vermuthungen zu.

Die neuere Physik lehrt uns, die Erscheinungen des Lichtes, des Schalles, der Wärme, die chemischen Prozesse etc. als Bewegungsvorgänge der kleinsten Massentheilchen kennen. »Das reichste Naturgemälde eines tropischen Urwaldes bietet der analysirenden Wissenschaft nichts als bewegte Materie.« Diese Bewegungen pflanzen sich bis zu unseren Sinnesorganen und in letzter Instanz bis auf die Nervenenden fort und müssen dort nach dem Princip der Erhaltung der Energie ebenfalls Bewegungen hervorbringen, Bewegungen, deren Natur durch die Vorgänge der Aussenwelt, aber auch durch die Beschaffenheit der Sinnesorgane bestimmt ist.

Aber lange nicht alle Bewegungen der Aussenwelt können unsere Nervenendorgane alteriren. Aus dem unendlichen Chaos der uns umgebenden Vibrationen der Atome werden durch unsere Sinnesorgane nur gewisse ausgesondert und auf das Empfindungsorgan verpflanzt. So haben unsere Tonwahrnehmungen eine obere und eine untere Grenze, denn es gibt Wellenbewegungen der Luft, die genau so ablaufen, wie diejenigen, welche unsere Tonvorstellungen erzeugen, aber unser Ohr reicht nicht aus, sie zu hören. Ebenso gibt es Lichtstrahlen, die die Silberverbindungen der photographischen Platte noch zersetzen, aber wir sehen sie nicht; es sind dunkle Lichtstrahlen. Zahlreiche Gerüche, die von anderen Geschöpfen wahrgenommen werden, machen auf unser

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

Riechorgan keinen Eindruck. Und sind wir nicht umgeben von einem Heer von Bewegungserscheinungen, die wir Elektricität, Magnetismus etc. nennen, die aber erst so zu sagen in optische, akustische, chemische und mechanische Bewegungsformen umgesetzt werden müssen, damit wir von ihrem Dasein überhaupt eine Kenntniss erlangen? Das heisst doch nichts anderes, als: Wir nehmen von der Welt nur soviel wahr, als es unsere Sinnesorgane erlauben, und es kann als einer der höchsten Triumphe der Naturforschung bezeichnet werden, dass wir ganz bestimmt wissen: Es existiren noch Vorgänge in der Welt, für deren Wahrnehmung uns die Organe fehlen.

Es lässt sich aber ausserdem noch mit Leichtigkeit darthun, dass unsere Vorstellungen von Farbe, Grösse, Lage, Bewegungen eines Objectes durch die Beschaffenheit des Letzteren gar nicht unabänderlich bestimmt sind. Denken Sie nur an die berühmten Versuche, die an die Existenz des blinden Flecks in unserem Auge anknüpfen, oder an die bekannte Zöllner'sche Täuschungsfigur; diese letztere zeigt uns, dass wir nicht im Stande sind, zwei Linien, von denen wir ganz bestimmt wissen, dass sie parallel sind, als Parallellinien zu erkennen, wenn wir sie durch ein System schiefer Linien durchkreuzen.

Unsere Erkenntniss ist also, wie Helmholtz sagt, durch unsere Organisation bedingt. Die Atome der Welt leuchten nicht, sie klingen nicht und haben keine Temperatur. Die ganze Welt ist dunkel, stumm, kalt. Erst wenn Sinneshärchen die Vibrationen auf ein Nervensystem übertragen, entsteht Licht, Schall, Wärme.

Aber das grösste Räthsel, dessen Unlösbarkeit gerade aus der Lehre von den Sinnesorganen hervorgeht, haben wir noch nicht genannt. Wie entsteht aus einem Nervenprozess, der nach aller Wahrscheinlichkeit nur Bewegungsformen von Molecülen darstellt, eine Empfindung? Hier ist die Brücke abgebrochen; aus bewegter Materie kann Empfindung und Bewusstsein nicht abgeleitet werden. Auch die Hypothesen von Seelenzellen helfen hier nicht; aus dem einen grossen allgemeinen Räthsel entstehen dadurch nur Millionen Einzelräthsel, von denen jedes gerade so unlösbar bleibt.

Können wir aber nicht die einfachste Empfindung aus bewegter Nervensubstanz ableiten, und lässt sich darthun, dass wir die Vorgänge der Welt nur insoweit wahrnehmen, als die jeweilige

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

Structur der Sinnesapparate und des Nervensystems es gestattet, ja gelingt es sogar zu zeigen, dass wir Objecte gar nicht so wahrnehmen können, wie sie wirklich sind, so ist damit die absolute Unbegreiflichkeit der Naturvorgänge unabänderlich und endgültig erwiesen.

Mit der Begreiflichkeit der Naturvorgänge steht und fällt aber der Materialismus; er kann als philosophisches Princip nicht aufrecht erhalten werden.

Die Naturwissenschaften kämpfen also nicht nur mit Erfolg gegen willkürliche philosophische Speculationen, sondern sie bringen auch entscheidende Gründe gegen den Materialismus auf und beseitigen mit diesem auch seine zersetzenden Wirkungen.

Es sind demnach auch die Naturwissenschaften nach der positiven Seite hin vollkommen geeignet, hinter unserer Sinnenwelt eine neue und unendliche Welt der Ideale zu eröffnen, die den tiefgehenden Bedürfnissen des menschlichen Gemüthes, welche objectiv betrachtet ja auch schaffende Naturtriebe darstellen, in vollem Maasse Genüge leistet.

Möge es der Senckenbergischen naturforschenden Gesellschaft noch lange vergönnt sein, an diesen wahrhaft erhabenen Bestrebungen der Naturwissenschaften intensiven Antheil zu nehmen.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Bericht über die Senckenbergische naturforschende Gesellschaft

Jahr/Year: 1879

Band/Volume: 1879

Autor(en)/Author(s): Reichenbach Heinrich Gottlieb Ludwig

Artikel/Article: Allgemeines über Sinnesorgane. 127-156