

derselben, bezw. des Complexes ihrer Nachkommen sich erwiesen hat, sind die reorganisirten Eitheile nur einer abhängigen Differenzirung durch Einwirkung schon differenzirter Theile fähig.

An einer neuen Form von Missbildungen, der *Asyntaxia medullaris*, dem Ausbleiben der normalen Verschmelzung der beiden seitlichen Hälften der Medullarrohranlagen, welche gewöhnlich mit entsprechendem Mangel des Darmblattes (*Anentoblastia*) verbunden ist, konnte weiterhin eine selbständige Entwicklungsfähigkeit des äusseren und mittleren Keimblattes beim Fehlen des inneren constatirt werden.

XIII.

Zur Function des Labyrinths.

Von Dr. C. Brückner in Ludwigslust.

Die halbzirkelförmigen Kanäle und die Schnecke sind periphere Endorgane des *N. acusticus*, an dessen Function gewiss Niemand zweifelt, da nach Zerstörung desselben vollständige Taubheit entsteht. Es ist zwar bis jetzt in den beiden Hauptzweigen dieses Nerven kein Unterschied der Energie nachgewiesen worden, aber „die scharfe Trennung der Pars superior und der Pars inferior des Labyrinths in der Thierreihe weist auf eine physiologisch differente Function beider Theile hin“ (Hasse)¹⁾. Beide Theile bringen also Geräusche und Töne zum Bewusstsein, aber nicht gemeinsam, sondern der eine leitet nur Töne, der andere nur Geräusche zum Sensorium. Dafür spricht nicht nur die grosse Verschiedenheit im Bau beider, sondern, für mich wenigstens, folgende Beobachtung, welche ich mehrere Male zu machen Gelegenheit hatte. Wenn ich gerade während des Schlagens meines Regulators erwachte, hörte ich die ersten Schläge nur als zusammenhängenden, gleichmässigen, musikalischen Ton (*b*) und erst bei den letzten Schlägen auch die einzelnen, getrennten Ge-

¹⁾ Archiv für Ohrenheilkunde. Neue Folge III. 4. S. 260,

räusche des Hammers. Daraus folgt: Es existiren für die Perception der Töne und für die der Geräusche getrennte Organe¹⁾, und das Organ für Perception der Töne wacht früher auf, als das für Perception der Geräusche.

Nun entsteht die Frage, ob die Schnecke die Töne und die halbzirkelförmigen Kanäle die Geräusche zum Sensorium leiten, oder umgekehrt. Nach B. Baginsky's Versuchen an Hunden ist das erstere der Fall²⁾, wenigstens für die Schnecke.

Der ungemein complicirte Bau der menschlichen Schnecke deutet jedenfalls darauf hin, dass dieselbe dazu vorhanden sei um eine grosse Reihe von Tönen und deren Klangfarbe und Combinationen gleichzeitig zum Bewusstsein zu bringen. J. Henle³⁾ sagt: „Bei ihrer (der Gehörstäbchen der Schnecke) regelmässigen Anordnung, die an die Saiten, oder Hämmer, oder Tasten des Claviers erinnert, bei ihrer nahen Verbindung mit den Enden des N. acusticus kann man sich des Gedankens nicht erwehren, dass sie es seien, deren Schwingungen in letzter Instanz als Töne zum Bewusstsein kommen.“ Dass sich dies wirklich so verhält, hat B. Baginsky an Hunden bewiesen (dieses Archiv Bd. 94. S. 65 ff. — P. Guttmann, Jahrb. f. praktische Aerzte. VII. S. 144).

Wenn auch Helmholtz⁴⁾ später selbst zurückgenommen hat, dass das Corti'sche Organ im weiteren Sinne der Resonanzapparat für die Töne sei, da nach Hasse die Vögel kein solches Organ besäßen, und statt dessen die radial gespannte, feste und elastische⁵⁾ Basillarmembran selbst den Resonanzapparat für die Töne bilde, so kann man doch nicht umhin, das feine Gebilde des Corti'schen Organs als einen wichtigen Hilfsapparat der Resonanz anzusehen. Voltolini (dieses Archiv Bd. 100. S. 27. —

¹⁾ Burnett, Archiv für Augen- und Ohrenheilk. (s. Jahrb. f. praktische Aerzte von P. Guttmann. I. Berlin 1878.) spricht sich ebenso aus, nach einer objectiven Beobachtung.

²⁾ Dieses Archiv Bd. 94. S. 65—85 (s. Jahrb. f. praktische Aerzte von P. Guttmann. VII. S. 144).

³⁾ Handbuch der Eingeweidelehre des Menschen. S. 803.

⁴⁾ Archiv f. O. VI. 2. S. 163.

⁵⁾ Böttcher, s. Arch. f. O. Neue Folge. II. 3. S. 184.

P. Guttman, Jahrb. f. prakt. Aerzte. IX. S. 722) hält zwar das Corti'sche Organ nur für ein Ligamentum suspensorium um Zellen und Nerven, „die im letzten Grunde allein der Gehörsempfindung vorstehen, in der Schnecke zu erhalten“, und kann dies ja ebenfalls richtig sein, aber dazu bedarf es doch eines so complicirten Organes nicht und muss man des letzteren Umstandes wegen vermuthen, dass es auch noch eine andere Function haben und als Resonanzapparat angesehen werden müsse. Wenn dies aber als richtig angenommen werden soll, dann müssen die Schwingungen des Corti'schen Organs den Schwingungen der anliegenden Saiten der Membrana basillaris nothwendig gleich sein.

Da nun die Basillarmembran in der Richtung nach der Schneckenspitze hin allmählich breiter wird und demgemäss auch die radial gespannten Saiten derselben nach der Spitze hin immer länger werden, so müssen die tiefen Töne von der Spitze der Schnecke und die hohen Töne von der Basis derselben zum Bewusstsein kommen¹⁾. Ebenso nehmen auch die Hörstäbchen gegen die Spitze hin an Länge zu (Corti, Hensen)²⁾.

Die inneren und äusseren Hörstäbchen sind aber durch ein sehr festes Gelenk mit einander zu Bogen verbunden und müssen daher auch als solche gemeinsam schwingen. Bei Bogen kommt es, wenn auch auf die Länge ihrer Schenkel, doch mehr noch auf ihre Spannungsweite an.

Wenn ein gerader, in der Mitte befestigter, an beiden Enden frei schwingender Metallstab allmählich gekrümmt wird, so wird sein Ton tiefer. Kommen schliesslich die Schenkel desselben in parallele Stellung zu einander, wie bei der Stimmgabel, so ist der Ton um eine Sechste tiefer, als der des geraden Stabes³⁾. Aehnlich verhält es sich mit einem an beiden Enden befestigten Stabe, welcher bei starker Krümmung einen tieferen, bei flacher Bogenspannung einen etwas höheren Ton giebt. Um mich hiervon zu überzeugen, befestigte ich gleich

¹⁾ Helmholtz, s. Arch. f. O. IV. 2. S. 163.

²⁾ J. Henle, Handb. d. Eingeweidelehre d. M. S. 805. — Henle, s. ibid. S. 720, setzt voraus, dass die Hörstäbchen gegen die Spitze hin kürzer werden.

³⁾ Karsten, Lehrb. der mechan. Naturlehre. I. S. 196.

lange und im Uebrigen gleiche Drähte in verschiedener Krümmung mit den Enden auf ein Brett. Der Ton beim Anschlagen der Bogen war zwar nicht schön, es liess sich aber deutlich erkennen, dass derselbe bei weiter Spannung etwas höher war, als bei enger Spannung.

Ein ähnliches Verhältniss findet sich bei den Bogen der Hörstäbchen. An der Spitze der Schnecke ist deren Spanuweite 4,47mal so gross, als an der Basis ¹⁾. Danach müsste aber die Zahl ihrer Schwingungen an der Spitze der Schnecke eine grössere sein, als an deren Basis, und würde mit den längeren Saiten an der Spitze nicht stimmen. Dieser Unterschied wird aber durch die grössere Länge der einzelnen Stäbchen neutralisirt, indem durch die letztere die schnellere Schwingung der flachen Bogen verlangsamt wird. Dadurch wird es wahrscheinlich, dass die Zahl der Bogenschwingungen in der ganzen Schnecke annähernd dieselbe ist, so dass sämtliche Bogen der ganzen Schnecke gemeinsam und zugleich mit jedem Tone mitschwingen, wie der Resonanzboden des Claviers bei jedem Tone, sei derselbe hoch, oder tief, mitschwingt. Da nun das Corti'sche Organ sehr klein ist, so ist anzunehmen, dass, analog den Schwingungen sehr kleiner Membranen, z. B. Trommelfell, welche je weniger Eigenton dieselben haben, um so leichter bei vielen verschieden hohen Tönen mitschwingen, auch die sehr kleinen Gehörstäbchenbogen der sehr verschiedenen Schwingungszahl der verschieden langen Saiten sich anschliessen. Da nun ferner Hensen ²⁾ es für sehr zweifelhaft hält, dass Luftbewohner anders als durch die Gehörmembranen Tonwahrnehmung empfinden, indem er sagt: „Bei genau verschlossenen Ohrgängen und Stellung auf einem Teppich ist man gegen in der Luft verlaufende Schallwellen völlig taub“, und da die Schnecke den Bewegungen des Stapes besonders ausgesetzt ist, so wird es noch um so wahrscheinlicher, dass die Schnecke die Töne zum Bewusstsein bringt, indem die gestielten Corti'schen Zellen die Perception, die Deiters'schen Zellen die Dämpfung bewirken (Böttcher, P. Guttmann's Jahrb. f. prakt. Aerzte. XI. S. 788).

¹⁾ Hensen, s. J. Henle, Handb. der Eingeweidelehre d. M. S. 805.

²⁾ Archiv f. O. Neue Folge III. 4. S. 261.

Die halbzirkelförmigen Kanäle des Labyrinths sind keinesfalls Sinnesorgane für das Gleichgewicht des Kopfes und mittelbar des ganzen Körpers (Flourens, Goltz u. A.), da hinlänglich bewiesen worden ist (Böttcher, v. Bergmann, Baginsky, Gruber u. A.), dass die bei Verletzung der Bogengänge auftretenden Symptome vom Gehirne ausgehen. Es ist wohl nicht zu bezweifeln, dass die Bogengänge zum Hören dienen, wenn dies auch zur Frage gestellt wird [Berthold¹⁾] und also Theile des Gehörorgans sind. Dieselben haben mit der Schnecke manche Aehnlichkeit, wenn auch nicht in der Form. Beider System der Endo- und Perilymphe greift in einander und die Bogengänge sind ebenfalls Endorgan des *N. acusticus*. Nach Hasse²⁾ soll die Pars superior des Labyrinths, weil die Macula an der Aussenwand des Utriculus liege und dort die Wand desselben verdickt sei, der Bewegung der Perilymphe nicht unbedeutenden Widerstand entgegen stellen. Der Utriculus und die Canales semicirculares seien mithin der Wirkung des Stapes weniger ausgesetzt als die Schnecke und daher der Fortpflanzung des Tonstosses ungünstig. Auch deutet der verhältnissmässig einfache Bau der Pars superior des Labyrinths darauf hin, dass die Bogengänge nicht im Stande seien, eine grosse Tonreihe, deren Combinationen und Klangfarbe zum Sensorium zu leiten. Somit müssen wir annehmen, dass die Bogengänge, als andere Hälfte des Labyrinths, die Geräusche, gleichsam als andere Hälfte des Hörbaren, zum Bewusstsein bringen.

Fast durchgängig finden sich, wie beim Menschen, auch bei den Wirbelthieren drei halbzirkelförmige Kanäle, nur einige Thiere haben deren zwei und andere sogar nur einen. Welchen Bogengängen des Menschen dieselben entsprechen, ist wohl schwer zu bestimmen³⁾. Die Ausnahmen beweisen aber, dass zwei oder ein Bogengang unter bestimmten Verhältnissen genügen.

¹⁾ Ibid. Neue Folge III. 1 u. 2. S. 94.

²⁾ Archiv f. O. Neue Folge III. 4. S. 260.

³⁾ Nach Hasse (Arch. f. O. Neue Folge III. 4. S. 254, referirt von Hensen) sollen sich bei *Petromyzon* nur die senkrechten Bogengänge finden. Dies hängt vielleicht mit der Lebensweise des Thieres zusammen, oder die Kanäle sind functionsunfähig.

Diejenige Ansicht, nach welcher die Bogengänge eine Beziehung zur Richtung der Schallwellen hätten [Henle¹⁾], scheint nicht zuzutreffen, denn die Richtung der Wellen wird theils durch willkürliche Stellung der Ohrmuschel, z. B. beim Pferde, theils durch Haltung des Kopfes ausgeglichen, die Schallwellen in den äusseren Gehörgang u. s. w. nach innen stets durch dieselben Organe, immer auf dieselbe Weise geleitet. Auch W. Preyer's und K. Schaefer's Versuche haben mich nicht überzeugen können (P. Guttman's Jahrb. f. prakt. Aerzte. XI. S. 158).

Beim Menschen ist der horizontale Bogengang am vollständigsten, während die beiden senkrechten Gänge einen Schenkel gemeinsam haben. Dennoch sollen die drei Canales semicirculares nach Malinin²⁾ sich in ihrem anatomischen Bau gleichen, bis auf einen unbedeutenden Unterschied hinsichtlich der Durchmesser. Alle drei Kanäle stehen beim Menschen perpendicular zu einander, der horizontale der Schädelbasis parallel. Ein Perpendikel auf die innere Fläche des ovalen Fensters soll die Mitte der convexen Wand des oberen (vorderen) Kanals treffen, zu welchem Berührungspunkte beide Oeffnungen ein und desselben Kanals zu einander und somit auch zum Vorhofe sich gleichmässig verhalten, so dass eine Schallwelle in beide Oeffnungen desselben Kanals gleichzeitig eintreten und dem Tone, Charakter und der Spannung nach gleichartig sein soll. Während nun von der Ampulle aus die Erschütterung der Welle als Gehörempfindung vernommen wird, sollen die beiden Theile der Welle in der Mitte des Kanals zusammentreffen und, da dort keine Nerven mehr seien, sich gegenseitig vernichtend, nicht mehr zum Bewusstsein kommen.

Aus Malinin's Untersuchungen geht aber auch hervor, dass die drei Bogengänge einander einigermaassen gleichwerthig sind und ist die Frage, ob dieselben alle zugleich functioniren, oder ob nur einer derselben zeitweise in Thätigkeit ist. Letzteres scheint der Fall zu sein und hat wohl der horizontale Bogengang für gewöhnlich die alleinige, oder

¹⁾ Henle, Handb. der Eingeweidelehre d. M. S. 717.

²⁾ Med. Centralblatt. IV. 430, s. Graevell's Notizen das Jahr 1866. S. 107.

wenigstens die Hauptfunction. Dafür spricht, dass derselbe der vollständigste, vollkommenste, selbständigste ist, welcher die geringste Flächenkrümmung hat. Ferner ist derselbe der kürzeste und weiteste, welcher an der Grenze der Ampulle zum Gange und zum Vestibulum keine scharfen Kanten hat, mithin der Bewegung der Endolympe am wenigsten Widerstand leistet. Dass der horizontale Gang überhaupt der wichtigste ist, geht auch daraus hervor, dass nach Wegnahme kleinerer Stücke der Bogengänge Besserung eintreten kann, häufiger nach Läsionen an einem verticalen, als am horizontalen Bogengange [H. Curschmann¹⁾]. Da das letztere nun auch noch zur Schädelbasis parallel liegt, so ist bei gewöhnlicher Körperstellung, bei welcher das Gehör vorzugsweise zur Anwendung kommt, in diesem Kanale der Wasserdruck am gleichmässigsten, während letzteres in den senkrechten Kanälen, trotz ihrer geringen Höhe, unten stärker als oben, mithin ungleichmässig ist. Dies Verhältniss ist aber wegen der ungemeinen Zartheit und Feinheit der betreffenden Organe von grosser Wichtigkeit. Die Gleichmässigkeit des Wasserdrucks wird ausserdem noch durch die senkrechte Abplattung der Kanäle auf ihre Krümmungsebenen im horizontal liegenden Kanäle viel genauer regulirt. In einem ungleichen Kanäle würde die Schallwelle auch ungleichmässig sich bewegen, sie würde in den weiteren Stellen langsamer und in den engeren rascher gehen und würden sich beide Theile derselben Welle nicht in der Mitte des Ganges treffen.

Anders verhält es sich, wenn, wie Malinin behauptet, die halbzirkelförmigen Kanäle sich von beiden Oeffnungen nach der Mitte ihres Bogens hin gleichmässig verengen. Dadurch werden beide Theile derselben Welle gleichmässig beschleunigt, treffen sich schneller, um rasch folgende Wellen nicht zu stören und so möglich zu machen, dass in einer Secunde 11 verschiedene Geräusche von einander unterschieden werden können. Nach Henle²⁾ wächst die Weite der Kanäle in der Regel vom glatten Ende nach dem ampullären. Auch in diesem Falle wird die Schallwelle beschleunigt nur mit dem Unterschiede, dass die

¹⁾ Referat von Lucae s. Archiv f. O. Neue Folge II. 3. S. 309.

²⁾ Handb. der Eingeweidelehre d. M. S. 761.

beiden Theile derselben sich nicht in der Mitte des Ganges treffen. Der Erfolg ist derselbe.

Nach dem Gesagten liegt es nahe, dass der horizontale [untere ¹⁾] Bogengang für diejenige Stellung, in welcher das Ohr am besten hört und welche daher am meisten gebraucht wird, der functionirende ist. Und diese ist die aufrechte Stellung des Körpers beim Stehen und Sitzen. Alsdann befinden sich die drei Bogengänge in ihrer Normallage, der horizontale Gang liegt horizontal, die beiden senkrechten stehen senkrecht über dem horizontalen.

Eine ähnliche, fast gleichwerthige Combination der drei Bogengänge kommt auch zu Stande, wenn der Kopf stark vorn-über gebeugt wird. Alsdann kommt der obere (vordere) Kanal in die horizontale und die beiden anderen Kanäle stellen sich in die senkrechte Lage, ebenfalls über den horizontal liegenden Kanal.

Auch beim Liegen auf der Seite übernimmt der hintere (innere) Kanal des oben liegenden Ohrs die Function in der Horizontalebene, während die anderen beiden Kanäle senkrecht über demselben stehen.

Anders verhält sich die Stellung der Bogengänge bei der Seitenlage im unten liegenden Ohre zu einander. Der hintere (innere) Gang nimmt zwar die horizontale Lage an, aber die beiden anderen Kanäle stehen nicht über demselben, sondern hängen senkrecht unter dem horizontalen Kanäle.

Eine der letzteren gleichwerthige Combination der Kanäle entsteht ferner bei der Rückenlage in beiden Ohren. Der obere (vordere) Kanal stellt sich alsdann horizontal und die beiden anderen Kanäle hängen senkrecht unter demselben.

In der aufrechten Stellung des Körpers befinden die drei Bogengänge sich in ihrer natürlichen Lage, nach welcher sie benannt werden und müssen daher diejenigen Combinationen derselben, bei welcher die senkrechten Bogengänge über dem horizontal liegenden stehen, wie hier der Fall ist, als die besseren angesehen werden.

¹⁾ Wenn man die Ecke eines Würfels in der Ecke der Bogengänge liegend denkt, dann müssten dieselben unterer, vorderer und innerer heissen.

Hängen dagegen die senkrechten Kanäle unter dem horizontal liegenden Kanäle, so sind diese Combinationen schlechter und man hört nicht so gut. Es richtet sich daher ein in der Rückenlage befindlicher Mensch auf, um ein leises Geräusch deutlicher vernehmen zu können. Starke Geräusche werden ja in jeder Stellung gehört.

Dieselbe schlechtere Combination kommt auch bei der Seitenlage im unten liegenden Ohre vor, doch hat dieselbe hier wenig Bedeutung, da das Ohr ohnehin durch Kopfkissen u. s. w. an seiner Function gehindert wird. Das oben liegende Ohr, welches ja gleichzeitig eine bessere Combination der Kanäle hat, vicariirt alsdann mit für das unten liegende Ohr. Bei der Rückenlage ist ebenfalls die schlechtere Combination der Kanäle in beiden Ohren, aber dafür hören auch zwei Ohren, während bei der Seitenlage nur ein Ohr hört, beides als ausreichendes Schutzmittel während des Schlafes, ohne dass derselbe durch leise Geräusche unterbrochen zu werden braucht.

Um gut functioniren zu können, muss der jedesmal horizontal liegende Kanal auch möglichst genau horizontal liegen. Die kleine anatomische Abweichung der Canales semicirculares von der genauen Lage, welche beim Menschen nicht über einen Winkel von 10 Graden betragen soll¹⁾, wird instinctiv durch kleine Modificationen in der Haltung des Kopfes nach vorn- oder nach hintenüber, oder zur Seite geregelt. So sieht man bei gesteigertem Aufmerken z. B. bei einem interessanten Vortrage, abgesehen von der Richtung des äusseren Gehörganges, unter den Zuhörern die mannichfaltigsten Kopfhaltungen. Der Eine hält den Kopf gerade, ein Anderer legt sich etwas hintenüber, noch ein Auderer hält den Kopf vornüber, das Kinn auf die Hand gestützt u. s. w. Alle diese Haltungen des Kopfes, würden aber den Fehler nicht ausgleichen können, wenn derselbe, wie es der Fall ist, nicht auf beiden Ohren symmetrisch wäre. Eine etwas seitliche Haltung des Kopfes kann wohl nur bei Verschiedenheit der Hörfähigkeit zu Gunsten des besseren Ohres vorkommen, denn bei gleicher Hörfähigkeit beider Ohren würde die seitliche Kopfhaltung, eben wegen der Symmetrie auf beiden

¹⁾ J. Henle, Handb. der Eingeweidelehre des Menschen. S. 761.

Seiten, nur einem Ohre zu gut kommen, während das andere Ohr in eine ungünstigere Lage gebracht werden würde.

Bei der Auscultation kommen gewöhnlich die besseren Combinationen der Kanäle in Anwendung, nemlich die bei aufrechter Haltung des Kopfes und die bei starker Vornüberneigung desselben. Auscultirt man dagegen einen liegenden Menschen, so ist in dem betreffenden Ohre zwar die schlechtere Combination der Kanäle, dieselbe kann aber durch Uebung verbessert werden und ist wohl nur dann brauchbar, wenn, wie es oft geschieht, das oben liegende, besser hörende Ohr, damit es das auscultirende Ohr nicht störe, bei leisen Geräuschen mit dem Finger verstopft wird. Noch besser lasse man den Kranken sich aufrichten, um die schlechtere Kanalcombination ganz zu meiden.

Aus dem bisher Gesagten ergibt sich, dass von den drei Bogengängen in ihrer bestehenden Combination zum Hören leiser Geräusche immer ein horizontal liegender Bogengang für jede der verschiedenen Hauptstellungen des Kopfes nothwendig ist.

Man könnte einwenden, dass Thiere, z. B. der Frosch, welche nur eine Stellung des Kopfes einnehmen, auch drei Canales semicirculares haben und dass in solchem Falle ein horizontal liegender Kanal genügen müsste. Dies ist auch wohl insofern der Fall, als wahrscheinlich der horizontale Bogengang nur allein functionirt und die senkrechten Kanäle nicht zur Verwendung kommen. Denn die Natur schafft häufig jeder Function entbehrende Organe, eben nur als Andeutung des bei anderen Geschöpfen vollständig Ausgebildeten und Functionsfähigen. Solche Unvollkommenheiten sind z. B. die menschliche Ohrmuschel, die Augen des Maulwurfes, die Plica semilunaris im menschlichen Auge als verkümmerte Nickhaut der Vögel, der Penis beim Weibe, der Uterus beim Manne u. s. w. Man könnte vielleicht auch daraus, dass Böttcher¹⁾ bei vorsichtiger Durchschneidung der beiden hinteren verticalen Bogengänge des Frosches keine Bewegungsstörungen gesehen hat, schliessen, dass die verticalen Bogengänge beim Frosche wohl nicht vollständig ausgebildet, mithin nicht functionsfähig seien.

¹⁾ Archiv für Ohrenheilkunde. Neue Folge III. S. 1.