II.

Druck und Drucksteigerung im Labyrinth.

Von

Stabsarzt Dr. Ostmann

in Königsberg in Pr.

(Mit 4 Abbildungen.)

(Von der Redaction übernommen am 1. Februar 1892.)

Die Druckverhältnisse im inneren Ohr und das Verhalten des häutigen Labyrinths, vornehmlich des Ductus cochlearis, bei Drucksteigerung sind bisher noch wenig des Näheren erörtert, und die Anschauungen, welche darüber bestehen, scheinen nicht so fest begründet, dass nicht gewisse Zweifel an ihrer Richtigkeit gehegt werden könnten.

Von Steinbrügge ist auf der 62. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte in Heidelberg in einem Vortrage „Ueber das Verhalten der Reissner'schen Membran bei intracranieller Drucksteigerung“ auf die Möglichkeit hingewiesen worden, dass intracranielle Drucksteigerung sich durch den Aquaeductus cochleae hindurch in die perilymphatischen Räume hinein fortpflanzen könne, während dieselbe dem Saccus endolymphaticus gegenüber, anatomischer Verhältnisse halber, eng begrenzt sei.¹⁾ In zwei früheren, in der Zeitschrift für Ohrenheilkunde erschienenen Aufsätzen²⁾ hat derselbe Autor auch seine Anschauungen über die normalen Druckverhältnisse im Labyrinth niedergelegt und lassen sich dieselben in folgende Sätze zusammenfassen:

1. Es können Peri- und Endolymphe unter einem ungleichen Drucke stehen.

2. Steht die Perilymphe unter einem geringeren Drucke als die Endolymphe, so wölbt sich die Membrana Reissneri gegen die Scala vestibuli, im entgegengesetzten Fall gegen den Ductus cochlearis.

1) Referat im Arch. f. Ohrenheilk. Bd. XXIX. S. 87.

2) Ebenda. Bd. XX. S. 158 u. 206.

3. Gewöhnlich steht die Endolympe unter einem höheren Drucke als die Perilymphe; demgemäss bildet die Reissner'sche Membran eine Wölbung mit der Convexität nach der Scala vestibuli.

4. Intracranielle Drucksteigerung vermag sich durch den Ductus perilymphaticus auf die Perilymphe fortzupflanzen, jedoch ist die Druckübertragung auf die Endolympe anatomischer Verhältnisse halber eng begrenzt; die Folge davon ist eine Depression der Membrana Reissneri gegen das Corti'sche Organ, und somit eine mechanische Läsion des letzteren durch diese denkbar.

Zur Verständigung scheint es mir von Wichtigkeit, im Anschluss hieran gleich zu erörtern, wie ich den Satz verstehen zu müssen glaube, dass bei intracranieller Drucksteigerung die Druckübertragung auf die Endolympe anatomischer Verhältnisse halber eng begrenzt sei. Ich denke mir, dass Steinbrügge deshalb die Druckübertragung für eng begrenzt hält, weil bisher directe Verbindungen zwischen dem Subarachnoidalraum und dem Saccus endolymphaticus nicht mit Sicherheit nachgewiesen¹⁾, und auch der Saccus wie Ductus endolymphaticus nur mit capillarer Flüssigkeitsmenge gefüllt sind, so dass der Druck des Liquor cerebrospinalis sich weder in der Continuität auf die Endolympe fortzusetzen, wie angenommenermaassen durch den Ductus perilymphaticus auf die Perilymphe, noch auch auf eine im Saccus endolymphaticus befindliche Flüssigkeit, wenn ich so sagen darf, per contiguitatem zu übertragen und somit indirect der Endolympe mitzutheilen vermag.

Die in den vorstehenden vier Sätzen präcisirte Anschauung Steinbrügge's hat Anhänger gefunden, indem auch Katz²⁾ geneigt ist, Veränderungen des Ductus cochlearis, wie sie Steinbrügge beschreibt, und wie er sie selbst häufig bei Kindern fand, als Folgen meningitischer Zustände anzusehen, „bei denen eine vermehrte intracranielle Druckerhöhung zu Grunde liegt“. In letzter Zeit ist schliesslich Gomperz³⁾ auf Grund eines Befundes in der Schnecke eines an allgemeiner Tuberculose verstorbenen Mannes, bei dem die Section acutes Hirnödem und somit die Anzeichen einer ante mortem bestandenen intracraniellen Druckerhöhung nachwies, für die Richtigkeit der Steinbrügge'schen

1) Bei der Katze und anderen Thieren wurde von Rüdinger ein Zusammenhang des Saccus endolymphaticus mit den Lymphspalten in der Dura mater durch interepitheliale Lücken nachgewiesen.

2) Arch. f. Ohrenheilk. Bd. XXIX. S. 84.

3) Ebenda. Bd. XXX. S. 216 u. f.

Anschauung von der Wirkung gesteigerten intracraniellen Druckes auf das Labyrinth und insbesondere auf den Ductus cochlearis eingetreten.

Die vorgenannten Untersucher haben ihre Anschauung lediglich aus anatomischen Untersuchungsbefunden herausgebildet, was bei der allbekannten, ausserordentlichen Schwierigkeit, den Ductus cochlearis völlig intact und so, wie er der Leiche entnommen ist, im Präparate zu erhalten, schon etwas Missliches hat, da artificielle Veränderungen keineswegs ausgeschlossen sind. Nun kommt hinzu, dass die Membrana vestibularis, wie Hensen und Steinbrügge selbst hervorheben, und wie es ja auch zu natürlich ist, eine postmortale Erschlaffung zeigt, die „noch in das Bereich des Normalen fällt“¹⁾, und welche bewirkt, dass diese Membran, sobald beim Abziehen der harten Hirnhaut von der hinteren Fläche der Felsenbeinpyramide der Ductus endolymphaticus zerrissen wird und dadurch die Endolymph ausfliesst, collabirt und sich auf die Membrana tectoria legt, so dass sie gleichfalls noch das Corti'sche Organ überzieht und sich dann erst mit schwacher Steigung zu ihrem Anheftungspunkte am Ligamentum spirale erhebt.¹⁾ Genau so sehe ich den Ductus cochlearis in eigenen Präparaten, welche aus der Schnecke eines Kalbes gewonnen wurden. In der, soweit ich es mit der mir zu Gebote stehenden Literatur übersehe, ersten einschlägigen Arbeit erklärt also Steinbrügge selbst derartige Formveränderungen des Ductus cochlearis als postmortale, artificielle Producte, und es dürfte somit nicht überzeugend sein, dass gleiche oder ähnliche Formveränderungen des Ductus cochlearis, selbst wenn sich gleichzeitig die Corti'schen Pfeiler zusammengedrückt oder geknickt zeigen sollten, als durch Druckerhöhung in der Perilymphe intra vitam entstanden angesehen werden müssen. Wie leicht kommen nicht derartige Veränderungen der Corti'schen Pfeiler auch artificiell zu Stande, ganz abgesehen davon, dass, ebenso wie die Membrana vestibularis ihre Elasticität, auch die Pfeiler post mortem sehr schnell ihre Steifigkeit verlieren werden.

Ganz und gar nicht beweiskräftig für eine intra vitam stattgehabte Depression der Membrana vestibularis sind aber derartige anatomische Befunde, wenn die Schnecken, aus denen die Präparate des Ductus cochlearis gewonnen wurden, erst 20 Stunden nach dem Tode der Leiche entnommen wurden, wie dies Gompertz

1) Arch. f. Ohrenheilk. Bd. XX. S. 157. Referat.

that. Es kann nicht Wunder nehmen, dass man dann in allen Windungen des Ductus cochlearis die Membrana Reissneri, sofern man überhaupt noch etwas von ihr findet, auf das Corti'sche Organ deprimirt und das auf der Membrana basilaris aufsitzende Sinnesepithel zerstört findet; denn die in den ersten 20 Stunden eingetretene Verwesung wird nicht spurlos an dem höchst empfindlichen Corti'schen Organ vorübergehen, sondern infolge Diffusion der Endolympe wird der Duct. cochlearis zusammensinken, und das Sinnesepithel zerfällt. So weit tragende Schlüsse, dass das unmittelbar vor dem Tode entstandene acute Hirnödem durch intracranielle Drucksteigerung diese Veränderungen bedingt haben sollte, lassen sich aus einer derartigen Untersuchung nicht wohl ziehen.

Es widerspricht aber die vorgetragene Anschauung, wie sie Steinbrügge und G om p e r z vertreten, vor Allem der klinischen Erfahrung, welche lehrt, dass mit intracranialer Drucksteigerung durchaus nicht nothwendiger Weise doppelseitige, schwere, bleibende Gehörsstörungen bezw. unheilbare, nervöse Taubheit verbunden sein müssen. Diese Folgen könnten nicht ausbleiben, wenn die intracranielle Drucksteigerung in der gedachten Weise die Endausbreitung des Nervus acusticus verletzte. Schliesslich lassen sich die Vorstellungen, die Steinbrügge von der Einwirkung intracranialer Drucksteigerung auf das Labyrinth besitzt, mit wichtigen physikalischen Gesetzen nicht in Einklang bringen.

Bekanntlich setzt sich in Flüssigkeiten der auf einen Theil ihrer Oberfläche ausgeübte Druck im Innern derselben nach allen Richtungen mit gleicher Stärke fort; deshalb wird auch auf jedem gleich grossen Theilchen der Wandung eines mit Flüssigkeit gefüllten Raumes, sobald an einer Stelle, sei es von oben, von der Seite oder von unten her ein Druck auf dieselbe ausgeübt wird, ein gleich starker Druck lasten. Für die Endo- und Perilymphe gelten bezüglich der Fortleitung des Druckes in ihnen genau dieselben Gesetze, wie für eine jede andere Flüssigkeit; mithin wird, sobald an einer Stelle ein Druck auf die Endo- oder Perilymphe ausgeübt wird, auf allen Theilen der Wandung des endo- bezw. perilymphatischen Raumes ein gleich starker Druck lasten. Der perilymphatische Raum ist nun nicht allein von der knöchernen Wandung des Labyrinths, sondern auch von der häutigen Wandung des endolymphatischen Raumes begrenzt; somit wird sich der perilymphatische Druck auch auf diese übertragen, ebenso wie der Druck, unter dem die Endolympe steht, auf der Peri-

lymphe lasten wird. Wir müssen demnach eine gegenseitige Druckübertragung annehmen.

Man kann sich den Labyrinthraum im Zusammenhange mit dem Ductus peri- und endolymphaticus als ein System communicirender Röhren vorstellen, von denen die eine von dem Ductus perilymphaticus, die andere von dem Ductus endolymphaticus gebildet, und deren Querröhre von dem peri- und endolymphatischen Raum dargestellt wird. An der einen Röhre, dem Ductus endolymphaticus, befindet sich ein häutiges Säckchen, das häutige Labyrinth, welches überall von der Perilymphe umspült wird, und dessen äusserst feine bindegewebige Wand trotz ihrer Befestigungen an der knöchernen Wand des perilymphatischen Raumes und an den zum häutigen Labyrinth hinziehenden Nerven selbst dem geringsten Drucke nachzugeben vermag. Der in der Fig. 1 abgebildete Apparat ahmt die natürlichen Verhältnisse nach und zeigt, dass sich die beiden Röhren, sofern man das Niveau in beiden auf gleiche Höhe bringt und somit die elastische Spannung des Gummisäckchens ausschaltet, genau wie zwei communicirende verhalten, und dass sich die geringste Wellenbewegung trotz des eingeschalteten Säckchens

Fig. 1.

von einer zur anderen Röhre überträgt. Nun befinden sich in communicirenden Röhren alle Flüssigkeitstheilchen in Ruhe, wenn der von beiden Seiten auf sie ausgeübte Druck der gleiche ist, d. h. wenn, dieselbe Flüssigkeit in beiden Röhren vorausgesetzt, in diesen die Flüssigkeit gleich hoch steht. In unserem Apparat können wir aber auch bei ungleichem Niveau der Wassersäulen eine Ruhelage der Flüssigkeitstheilchen hervorrufen, nämlich dann, wenn ein Theil der Wassersäule in der Röhre 2, z. B. $b'c$, von der elastischen Spannung des Gummisäckchens getragen wird. Ein Wassertheil x des Säckchens s steht dann unter dem Druck, der sich durch die Wassersäule cx ausdrückt, während auf ein in gleicher Höhe gelegenes Theilchen y der Glaskugel p nur ein Wasserdruck $b'y$ lastet, mithin ein um bc geringerer.

Auf die Druckverhältnisse zwischen Peri- und Endolympe

angewandt bedeutet dies, dass wir nur dann einen ungleichen Druck zwischen Peri- und Endolympe annehmen können, wenn der endolymphatische Ueberdruck, wie ihn Steinbrügge für gewöhnlich als bestehend annimmt, durch elastische Spannung der Wandung des häutigen Labyrinths compensirt und getragen wird. Ganz abgesehen davon, dass es schwer sein dürfte, zu erklären, wodurch ein solcher Ueberdruck in dem endolymphatischen Raum entstehen, und wie er sich erhalten sollte; worauf wir noch näher zu sprechen kommen werden, lässt sich zeigen,

wie ausserordentlich ungünstig ein derartiges Verhalten der häutigen Labyrinthwand für die Uebertragung von Wellen mit geringer lebendiger Kraft von der Perilymphe auf die Endolympe und somit für den Mechanismus des Hörens sein würde.

Der Apparat, welcher zum experimentellen Nachweis hierfür dient, ist eine Erweiterung des vorigen und bedarf zum richtigen Verständniss einer näheren Beschreibung (Fig. 2).

Fig. 2.

Derselbe besteht aus einer Glaskugel *p*, welche 2 Tubus (*A* und *B*) trägt. Durch den Tubus *A* ist mittelst eines durchbohrten Gummistöpsels eine $\frac{3}{4}$ Meter lange Glasröhre in die Hohlkugel eingelassen. Diese Röhre ist behufs leichterer Füllung des Säckchens *c*, welches aus feinstem, dem geringsten Drucke nachgebenden Gummi besteht und an dem in die Hohlkugel hineinragenden Ende der Glasröhre befestigt ist, durch einen Gummischlauch unterbrochen. Durch den Tubus *B* sind mittelst eines doppelt durchbohrten Gummipfropfens zwei Glasröhren (2 u. 3) in den Hohlraum der Glaskugel eingeführt, welche genau so weit wie die Röhre 1 sind. Auf die Röhre 2 ist ein Stückchen Gummischlauch aufgesetzt, um durch Zusammendrücken desselben geringe Druckschwankungen in der Röhre 2 hervorrufen zu können. Der Apparat soll Folgendes darstellen: Der Inhalt der Kugel *p* ist der perilymphatische Raum, welcher den endolymphatischen (das Säckchen *c*) auf allen Seiten frei umgiebt. Die Wassersäule in der Röhre 1 (wenn man so will, der Ductus endolymphaticus)

zeigt den Druck an, unter dem die in dem Säckchen *c* enthaltene Flüssigkeit, die Endolympe, steht. In gleicher Weise zeigt der Wasserstand in dem Rohr 2 u. 3 den Druck, welcher auf der in der Glaskugel ausserhalb des Säckchens befindlichen Flüssigkeit, der Perilymphe, lastet. Die Röhre 2 stellt vor das ovale Fenster, und die Röhre 3, in welche die Perilymphe bei Drucksteigerung von der Röhre 2 aus entweichen kann, das runde Fenster und den Ductus perilymphaticus. Wenn man nun zunächst das Säckchen *c* durch die Röhre 1 vollständig mit Wasser prall füllt, so gelingt es leicht, beim Füllen der Kugel *p* durch den Tubus *B*, indem dabei von selbst eine gewisse Menge der in dem Säckchen *c* enthaltenen Flüssigkeit wieder abfliesst, das Niveau in allen drei gleich weiten Glasröhren auf genau dieselbe Höhe zu bringen, so dass jede elastische Spannung des völlig gefüllten Säckchens *c* ausgeschaltet ist.

Schliesst und öffnet man nun den auf die Röhre 2 befestigten Gummischlauch und verdichtet somit stossweise die Luft in der Röhre 2, so sieht man ein vollkommen gleichmässiges Auf- und Niedersteigen der Flüssigkeitssäulen in der Röhre 1 und 3, während diejenige in der Röhre 2 doppelt so ausgiebige und entgegengesetzte Schwankungen um die Ruhelage ausführt.

Das heisst also, auf die Druckübertragung im Labyrinth angewandt: wenn Schallwellen vermittelt der Steigbügelplatte einen Druck auf die Perilymphe ausüben, so pflanzt sich dieser, sofern eine elastische Spannung der Wandung des häutigen Labyrinths infolge von Ueberdruck in der Endolympe nicht besteht, durchaus gleichmässig und gleichzeitig auf Peri- wie Endolympe fort, und in beiden Flüssigkeiten werden gleichartige und gleichzeitige Wellenbewegungen hervorgerufen. Dies ist jedoch in keiner Weise der Fall, sobald man die in dem Säckchen *c* enthaltene Flüssigkeit unter einen höheren Druck, als den übrigen Inhalt der Kugel *p* setzt, indem der Ueberdruck durch elastische Spannung der Wandung des Säckchens *c* getragen wird. Gewisse Cautelen bei erneuter Füllung des Apparates lassen diese Verhältnisse leicht herstellen. *b d* sei der Ueberdruck und somit der Ausdruck der elastischen Spannung der Wandung des zu *c'* erweiterten Säckchens.

Führt man nun in derselben Weise wie vorher Druckschwankungen in der Röhre 2 herbei, so sieht man jetzt in dieser wie in der Röhre 3 sehr lebhafte, nahezu gleich grosse Schwankungen

der Wassersäulen auftreten, während die Flüssigkeit in der Röhre 1 sich kaum merklich bewegt. Das heisst also mit anderen Worten: Wenn die Endolympe unter einem höheren Druck als die Perilymphe stände, und dadurch eine elastische Spannung der Wandung des häutigen Labyrinths hervorgerufen würde, so würden durch Bewegungen des Steigbügels in der Perilymphe erzeugte Wellen sich nur erheblich abgeschwächt oder gar nicht auf die Endolympe übertragen, weil die lebendige Kraft der Welle zu gering ist, um den auf der Innenwand des häutigen Labyrinths lastenden Druck zu überwinden. Es ist aber klar, wie ganz ausserordentlich ungünstig eine solche Einrichtung für die Uebertragung der Schallwellen auf das Corti'sche Organ und somit für die Feinheit unseres Gehörs wäre. Für das Trommelfell wies Lucae¹⁾ ein analoges Verhalten nach. Je mehr dasselbe angespannt ist, desto mehr nimmt die Reflexion des Schalles nach aussen zu, die Schallaufnahme nach innen ab. Es lässt sich auch auf Grund anderweitiger Ueberlegungen, wenn auch nicht mit mathematischer Gewissheit, so doch mit einiger Sicherheit folgern, dass in der Endolympe kein höherer Druck als in der Perilymphe besteht.

Zu diesem Zwecke fragen wir zunächst: Unter welchem Drucke steht die Perilymphe?

Bei dem continuirlichen, durch Injectionen von Schwalbe, Key und Retzius und Anderen nachgewiesenen Zusammenhange zwischen dem Subarachnoidal- bzw. Subduralraum des Gehirns und dem Cavum perilymphaticum durch den Ductus perilymphaticus und bei der Druckverminderung, welche beim Hindurchströmen von Flüssigkeiten durch enge Röhren eintritt, wie wir dies besonders an dem schnellen Fallen des Blutdruckes im Capillargefässsystem beobachten, dürfen wir wohl mit Recht annehmen, dass die Perilymphe unter einem etwas geringeren, als dem intracranialen Drucke steht.

Unter welchem Druck steht nun die Endolympe?

Saccus endolymphaticus und die Räume des häutigen Labyrinths bilden ein geschlossenes, unter einander zusammenhängendes Ganzes; deshalb ist nicht gut denkbar, dass einzelne Theile desselben dauernd unter einem verschiedenen Drucke stehen sollten, sofern die Communicationswege zwischen denselben offen sind; es wird eine Ausgleichung des Druckes erfolgen, da Flüssigkeiten

1) Arch. f. Ohrenheilk. Bd. III. S. 189.

stets von Punkten höheren Druckes zu solchen niederen Druckes so lange hinströmen, bis gleicher Druck in dem geschlossenen System besteht. Nun wissen wir mit voller Bestimmtheit, dass der Saccus endolymphaticus, welcher an der hinteren Fläche der Felsenbeinpyramide innerhalb der Schädelhöhle liegt, unter dem intracraniellen Drucke steht, mithin würde, wenn die Endolymph unter einem höheren Druck, als dieser ist, stände, ein Ausfliessen derselben in den Saccus endolymphaticus bis zur Ausgleichung des Druckes stattfinden. Die Endolymph kann somit unter keinem höheren, wohl aber dem intracraniellen Drucke gleichen oder niederen Drucke stehen, wodurch im letzteren Fall bei der nur capillaren Flüssigkeitsmenge im Saccus endolymphaticus ein Zuströmen von Flüssigkeit zum häutigen Labyrinth nicht eintreten würde. Mit Rücksicht auf die Unzweckmässigkeit einer elastischen Spannung der Wandung dieses und darauf, dass wir ohne die Annahme einer solchen Spannung uns einen verschiedenen Druck in der Peri- und Endolymph nicht denken können, erscheint die Vorstellung am berechtigtesten, dass der perilymphatische Druck auch der endolymphatische, somit etwas geringer als der intracranielle ist.

Um die Wirkung von Drucksteigerungen auf das Labyrinth kennen zu lernen, sei es dass dieselben durch allzu ausgiebige Schallschwingungen, welche auf das Labyrinth übertragen wurden, hervorgerufen werden, sei es dass intracranielle Drucksteigerung ihre Ursache ist, müssen wir zunächst die Natur der Schutzvorrichtungen des Ohres kennen lernen.

Das knöcherne Labyrinth umschliesst zwei von einander völlig getrennte Räume, den perilymphatischen und den endolymphatischen, von denen ersterer den letzteren, das häutige Labyrinth, überall umgiebt. Die äusserst feine, bindegewebige Wand dieses ist durch netzförmige Bindegewebsstränge, welche den perilymphatischen Raum durchsetzen, mit der knöchernen Wand desselben verbunden und dadurch fixirt, wozu die aus den Maculae cribrosae zu den Säckchen ziehenden Nerven ein Weiteres beitragen. Beide Räume sind mit Flüssigkeit, der Peri- bzw. Endolymph, gefüllt, und hat ein jeder für sich einen besonderen Abzugscanal. Derjenige des perilymphatischen Raumes ist der in der Scala tympani der unteren Schneckenwindung beginnende und ziemlich geradlinig nach unten und hinten zur Fossa jugularis verlaufende Ductus perilymphaticus im Aquaeductus cochleae, derjenige des häutigen Labyrinths, welcher aus dem Sacculus her-

vorgeht und durch den Ductus utriculo- saccularis mit dem Utriculus in Verbindung steht, ist der Ductus endolymphaticus im Aquaeductus vestibuli, welcher seinerseits in den Saccus endolymphaticus einmündet. Auf diesen Wegen kann die Peri- bzw. Endolympe aus den entsprechenden Räumen des Labyrinths entweichen und zwar nach unseren heutigen Kenntnissen aus dem perilymphatischen Raum durch den Ductus perilymphaticus sowohl in den Subdural-, als auch vornehmlich Subarachnoidalraum des Gehirns, da man von beiden aus den perilymphatischen Raum des Labyrinths zu injiciren vermag. Aus dem endolymphatischen Raum, dem häutigen Labyrinth, vermag die Endolympe in den zwischen zwei Blättern der Dura mater an der hinteren Fläche der Schläfenbeinpyramide gelegenen, für gewöhnlich nur minimale Mengen von Flüssigkeit enthaltenden Saccus endolymphaticus auszuströmen, von dem es noch dahingestellt bleiben muss, ob zwischen ihm und einem der das Gehirn umschliessenden Räume irgend eine directe Verbindung besteht, da weder die von Böttcher gefundenen epithelialen Ausstülpungen der Wand des Ductus endolymphaticus, noch die von Weber-Liel, Zuckerkandl und Anderen injicirten, vom Fundus des endolymphatischen Sackes ausgehenden Canälchen vor der Hand beim Menschen als solche mit Sicherheit anzusprechen sind, wie dies Stöhr¹⁾ wohl auf Grund der neueren Untersuchungsergebnisse von Rüdinger bei Katzen thut. Bei gewissen Thieren, so bei den Vögeln und Sirendon pisciformis, besteht eine freie Communication zwischen dem Saccus endolymphaticus und dem epicerebralen Raum, wie durch Hasse²⁾ festgestellt worden ist.

Neben den vorerwähnten Abflusscanälen der Peri- bzw. Endolympe durch den Aquaeductus cochleae, bzw. vestibuli kommen die noch weiter zu erwähnenden Abflusswege bezüglich ihrer Bedeutung als Schutzvorrichtungen wohl kaum irgend in Betracht. Nach Hasse kann die Endolympe wahrscheinlich auch in den Arachnoidalscheiden der in das häutige Labyrinth eintretenden Nerven und Gefässe in das Cavum subarachnoidale abfliessen, während er beim Menschen als Hauptabflussweg der Perilymphe die Scheidenräume des Nervus acusticus ansieht³⁾, welchen Schwalbe, Weber-Liel und Andere mit Rücksicht auf das

1) Lehrbuch der Histologie. S. 263. Jena 1891.

2) Die Lymphbahnen des inneren Ohres der Wirbelthiere. Anatomische Studien. Bd. XIX. S. 781 u. 790.

3) Hasse, l. c. S. 802.

Ergebniss der Injectionsversuche des perilymphatischen Raumes längs der Nervenscheiden des Acusticus wenigstens beim Menschen als Abflusswegen nur eine untergeordnete, bezw. gar keine Bedeutung beizumessen vermögen.¹⁾ Durch die feinen Spalten, welche Rüdinger im Aquaeductus vestibuli entdeckt hat, und die man als Lymphbahnen möglicher Weise ansprechen könnte, setzt sich nach Böttcher der perilymphatische Raum nicht fort.

Als Schutzvorrichtung des inneren Ohres gegen Drucksteigerung muss schliesslich die Einschaltung des runden Fensters in die Knochenwand des perilymphatischen Raumes gelten, welches durch seine Vorwölbung gegen die Paukenhöhle ein Ausweichen der von der Steigbügelplatte verdrängten Perilymphe ermöglicht, wie dies von Lucae an dem erweiterten Helmholtz'schen Ohrmodell mit Hülfe eines König'schen Flammenzeigers experimental gezeigt wurde.²⁾ Es sind demnach Schutzvorrichtungen des Labyrinths gegen Drucksteigerung:

für den endolymphatischen Raum der Ductus endolymphaticus;

für den perilymphatischen Raum das runde Fenster und der im Aquaeductus cochleae gelegene Ductus perilymphaticus.

Wie haben wir uns die Wirkung dieser Schutzvorrichtungen bei Steigerung des Labyrinthdruckes zunächst durch allzu ausgiebige Schallschwingungen, welche durch die Gehörknöchelkette auf das Labyrinth übertragen werden, vorzustellen?

Durch jede Bewegung der Steigbügelplatte, wie sie durch Schallschwingungen erzeugt wird, werden in der Perilymphe Verschiebungen der Flüssigkeitstheilchen erzeugt, welche, wie mir dies nach der Helmholtz'schen Darlegung³⁾ am wahrscheinlichsten scheint, sich auf die Membrana vestibularis und somit auf die Endolymphe des Ductus cochlearis und die Membrana basilaris übertragen. Durch die Schwingungen dieser wird weiter die in der Scala tympani der Schnecke befindliche Perilymphe gegen das runde Fenster gedrängt und durch Vorwölbung dieses der Raum wiedergewonnen, welcher durch das Hineindrängen der Steigbügelplatte gegen das Vestibulum verloren ging. Ein Ausfliessen der Peri- wie Endolymphe auf den vorerwähnten Wegen findet

1) Schwalbe, Sinnesorgane. S. 406.

2) Lucae, Ueber eine Erweiterung des Helmholtz'schen Ohrmodells nebst einem Beitrage zur Physiologie des Gehörorgans. Archiv f. Ohrenheilk. N. F. Bd. I. S. 7. 1873.

3) Die Lehre von den Tonempfindungen. S. 205 u. 206. Braunschweig 1863.

bei der Einwirkung nicht allzu starker Schallwellen wohl ebenso wenig statt, wie wir annehmen dürfen, dass die durch Athmung und Puls bedingten stetigen Druckschwankungen des Liquor cerebrospinalis sich auf das Labyrinth übertragen, da die durch diese Ursachen veranlassten geringen Druckerhöhungen durch den Reibungswiderstand in den äusserst feinen Canälen, welche den Subarachnoidalraum mit dem perilymphatischen Raum verbinden, aufgehoben werden.

Mit Rücksicht auf die von Bezold „bei isolirter Prüfung der Membran des runden Fensters“¹⁾ gefundene, fünfmal grössere Excursionsfähigkeit dieses gegenüber derjenigen der Steigbügelplatte könnte man der Ansicht sein, dass die Vorwölbung der Membran des runden Fensters unter allen Umständen genügen dürfte, um die durch Hineindrängen der Steigbügelplatte gegen das Vestibulum geschaffene Raumbeengung auszugleichen, so dass es überhaupt niemals zu einem Ausfliessen der Peri- und Endolymphe kommt. Es dürfte indess wohl zu erwägen sein, dass das ovale Fenster grösser als das runde ist, somit Excursionen der Steigbügelplatte zur Ausgleichung des Druckes entsprechend grössere der Membran des runden Fensters erfordern, und dass den Excursionen der letzteren gegen die Paukenhöhle dieselben Schallschwingungen entgegenwirken, welche die Steigbügelplatte gegen das Vestibulum vordrängen, wenngleich ihre lebendige Kraft beim Uebergange von der Aussenluft auf das Trommelfell und von diesem wieder auf die in der Paukenhöhle eingeschlossene Luftschicht eine sehr erhebliche Einbusse erleidet. Nehmen wir an, es fände bei Einwirkung allzu starker Schallschwingungen ein Ausfliessen der Labyrinthflüssigkeiten statt, so wird dies jedoch nicht in der Weise stattfinden können, wie Hasse anzunehmen scheint²⁾, dass erst die Perilymphe durch den Ductus perilymphaticus und dann, wenn dieser Schutzapparat nicht ausreicht, die Endolymphe durch den Ductus endolymphaticus ausfliesst, sondern es werden Peri- wie Endolymphe gleichzeitig ausströmen.

Zum Nachweis hierfür habe ich den in Fig. 3 abgebildeten Apparat zusammengestellt.

a und *b* sind von Glas geblasene Hohlkugeln, von denen jede 3 Tubus besitzt. Die kleine Kugel *a* stellt den Labyrinthraum, die etwa 2—3 mal soviel enthaltende Kugel *b* die Schädelhöhle vor. Der Tubus 1 der ersteren bedeutet die Oeffnung für

1) Politzer, Lehrbuch der Ohrenheilkunde. S. 52. Stuttgart 1887.

2) Schwartze, Chirurgische Krankheiten des Ohres. S. 359.

das ovale Fenster, über welche mittelst eines Gummischlauches, welcher durch die Klemme *h* geschlossen und geöffnet werden kann, das Steigrohr *i* emporsteigt; der Tubus 2 den Anfang des Ductus perilymphaticus, und der Tubus 3 den Aquaeductus vestibuli, in welchen eine dünnere, etwa 2 Mm. im Durchmesser betragende Glasröhre *d* eingekittet ist, an deren $\frac{1}{2}$ Cm. in die Glaskugel hineinragendem Ende vollkommen luft- und wasserdicht ein aus feinstem, dem geringsten Drucke nachgebenden Gummi bestehendes Säckchen *c* von 20—30 Ccm. Inhalt angebracht ist. Dieses Säckchen hängt frei in der Glaskugel und stellt das häutige Labyrinth vor.

Fig. 3.

Von dem anderen Ende der 8 Cm. langen Glasröhre *d* führt ein 11 Cm. langer Gummischlauch *e* zu der Glasröhre *f*, welche genau so weit wie die Röhre *d* und in den Tubus 2 der Glaskugel *b* eingekittet ist. Auch an dieser Röhre ist an ihrem in die Glaskugel *b* hineinragenden Ende ein aus feinstem Gummi bestehendes Säckchen *g* luft- und wasserdicht befestigt. Die Röhre *d e f* stellt den Ductus endolymphaticus vor, welcher das Säckchen *c*, das häutige Labyrinth, mit dem Säckchen *g*, dem in der Schädelhöhle gelegenen Saccus endolymphaticus, verbindet. Der Tubus 1' der Kugel *b* ist offen und stellt die Abzugscanäle der Cerebrospinalflüssigkeit in den Rückenmarkscanal und das periphere Lymphgefäßsystem vor. Der Tubus 2' ist ein Theil des Ductus perilymphaticus und ist ebenso wie der Tubus 2 der Glaskugel *a* mit einem durchbohrten Kork geschlossen, durch

welchen die feinere Glasröhre *k*, die nach der Kugel *b* zu sich noch etwas verjüngt, luft- und wasserdicht eingelassen ist. Somit bedeuten die Tubus 2 und Tubus 2', sowie die Röhre *k* den Ductus perilymphaticus von seinem Austritt aus dem perilymphatischen Raum *l* der Kugel *a* bis in den Subarachnoidal-, bezw. Subduralraum des Gehirns.

Die Vorbereitung dieses Apparates für das anzustellende Experiment geschieht in folgender Weise:

Zunächst wird der Gummischlauch *e* von der Röhre *d* gelöst und die Glasröhre *k* aus dem Tubus 2' gezogen. Dadurch wird die Kugel *a* mit ihren sämtlichen Anhängen isolirt. Nun wird das Säckchen *c* durch die Röhre *b* vorsichtig mit Kali hypermanganicum oder noch zweckmässiger mit einer anderen, besser die Farbe haltenden Lösung gefüllt, so dass sie keine Luft enthält und die Flüssigkeit etwa bis zu dem in der Zeichnung angegebenen Striche steht. Alle Niveauschwankungen lassen sich dann durch die Glasröhre auf das Genaueste beobachten. Weiter wird durch den Tubus 1 der perilymphatische Raum *l*, der Tubus 2 und die Glasröhre *k* bis zu ihrer äussersten Spitze gleichfalls mit Kali hypermanganicum-Lösung ganz gefüllt, das Standrohr *i* wieder in Verbindung mit der Kugel *a* gesetzt, aber einstweilen durch Verschluss der Klemme *h* von derselben abgeschlossen. Nun verbindet man, nachdem man auch den Gummischlauch *e* abgesperrt hat, wieder die Kugeln *a* und *b* und füllt auch die letztere durch den Tubus 1' mit gewöhnlichem Wasser. Das Säckchen *g*, der Saccus endolymphaticus, enthält nur eine capillare Menge von Flüssigkeit, kann also als leer gelten, wie es auch in Wirklichkeit der Fall ist. Schliesslich wird das Steigrohr *i* mit Wasser gefüllt und die Klemme des Gummischlauches *e* gelöst. Solange die Klemme *h* geschlossen ist, herrscht in dem Apparat vollkommene Ruhe, da die Flüssigkeiten in beiden Kugeln, sowie in beiden Säckchen unter demselben Drucke stehen; die Flüssigkeit in der Röhre *d* steht unbeweglich fest, und ebenso fliesst durch die bis vorn gefüllte Röhre *k* keine Farblösung in die Kugel *b*. Sobald man aber auf einen Augenblick den Quetschhahn *h* öffnet, so wird durch die in dem Steigrohr *i* enthaltene Flüssigkeitssäule ein momentaner Druck auf den Inhalt der Kugel *a* ausgeübt, und in demselben Augenblick fliesst aus dem Säckchen *c* einerseits die gefärbte Flüssigkeit in das leere Säckchen *g*, andererseits aus der Röhre *k* in die Kugel *b*, und durch den Tubus 1' fliesst ein Theil des Inhalts der Kugel *b* ab. Diesen Versuch

kann man nach Belieben oft wiederholen und dadurch einerseits die Flüssigkeit aus dem Säckchen *c* in das Säckchen *g* hineintreiben, andererseits das Wasser der Kugel *b* roth färben. Bei momentanem Verschluss des Quetschhahns *h* tritt wieder vollkommene Ruhe ein, sobald sich in wenigen Secunden die Druckverhältnisse zwischen *a* und *b* durch die Röhre *k* ausgeglichen haben.

Der Versuch lehrt, dass, wenn der Steigbügel ausnehmend weit gegen das Vestibulum vorgedrängt wird, und die Vorwölbung des runden Fensters zur Ausgleichung des dadurch gesteigerten intralabyrinthären Druckes nicht mehr ausreichen sollte, ein Ausfliessen sowohl der Perilymphe durch den Ductus perilymphaticus, als auch der Endolymphe durch den Ductus endolymphaticus denkbar ist, und zwar nicht nach einander, sondern gleichzeitig.

Trotz dieser anscheinend sehr vollkommenen Vorrichtungen für eine Beseitigung der Drucksteigerung, welche durch allzu ausgiebige Schallschwingungen im Labyrinth erzeugt wird, erfolgt der Ausgleich doch nicht so schnell, dass nicht unter Umständen schwere Schädigungen des nervösen Endapparates des Nervus acusticus hervorgerufen würden. Es ist dies verständlich im Hinblick auf die ausserordentliche Enge der die Peri- und Endolymphe abführenden Canäle und den grossen Reibungswiderstand in diesen, welcher sich dem Ausfliessen entgegenstellt. Die Verletzungen, welche der nervöse Endapparat durch einen übermässig lauten Schall erfährt, haben, sofern partielle Taubheit hervorgerufen wird, das Charakteristische, dass besonders die hohen und höchsten wahrnehmbaren Töne ausfallen, eine Erscheinung, die sich auf Grund der vorstehenden Ausführungen dahin erklären liesse, dass die in dem Ductus cochlearis enthaltene Endolymphe, indem sie bei der durch die Schallwellen hervorgerufenen plötzlichen Drucksteigerung naturgemäss gegen den Canalis reuniens hinströmt, um durch diesen in den Sacculus und weiter durch den Ductus endolymphaticus in den gleichnamigen Saccus zu entweichen, sich in dem Vorhofsblindsack und dem der ersten Schneckenmündung angehörigen Theil des Ductus cochlearis staut, da der Canalis reuniens bei seiner ausserordentlichen Enge und dem für ein schnelles Entweichen sehr ungünstigen Ansatz an den Vorhofsblindsack ein schnelles Entweichen der Flüssigkeit nicht zulässt. Somit würde gerade auf denjenigen

Theil des Ductus cochlearis, wo wir nach unseren heutigen Kenntnissen die die hohen Töne percipirenden Nervenfasern hinverlegen, bis zum endgültigen Ausgleich der Drucksteigerung ein verhältnissmässig stärkerer Druck ausgeübt, wodurch sich die vorzugsweise Läsion gerade dieses Nervenfasern erklären liesse. Eine Läsion des Corti'schen Organs durch eine Depression der Membrana vestibularis auf dieses ist deshalb nicht anzunehmen, weil, selbst bei grösster Schwingungsweite der Steigbügelplatte, die Raumbewegung so gering sein wird, dass ein Entweichen der Endolymphe aus dem Ductus cochlearis bis zu seiner Entleerung sicherlich nicht anzunehmen ist.

Fig. 4.

Eine solche ist auch nicht möglich bei Steigerung des Labyrinthdruckes infolge gesteigerten intracraniellen Druckes, wie dies von Steinbrügge, Gomperz und Anderen für möglich gehalten wird.

Der Nachweis lässt sich experimentell durch den in der Fig. 4 abgebildeten Apparat führen. Bei der Beschreibung desselben kann ich mich kurz fassen, da er im Wesentlichen dem zuvor beschriebenen entspricht.

a und *b* sind wie zuvor zwei Glaskugeln, von denen erstere das Labyrinth, letztere die Schädelhöhle darstellt, und welche durch die weite Glasröhre *k*, den Ductus perilymphaticus, mit einander in freier Verbindung stehen. In den Tubus 2 der Kugel *a* ist die Glasröhre *d* eingelassen, welche an ihrem inneren Ende

das Säckchen *c*, den endolymphatischen Raum trägt, desgleichen ist in den Tubus 2' der Kugel *b* die Röhre *f* von demselben Durchmesser wie *d* eingelassen, welche einerseits durch einen Gummischlauch mit der Röhre *d* in directer Verbindung steht, andererseits das in den Hohlraum der Kugel *b* frei hineinhängende Säckchen *g* trägt. In den Tubus 1' ist das Steigrohr *i* eingelassen. Wir haben also *a* das Labyrinth, *b* die Schädelhöhle, *e* den peri-, *c* den endolymphatischen Raum, *k* den Ductus perilymphaticus, *d e f* den Ductus endolymphaticus; *g* den Saccus endolymphaticus und *i* das zur Vermehrung des intracraniellen Druckes dienende Steigrohr.

Die Füllung dieses Apparates muss mit besonderer Vorsicht vorgenommen werden, wenn man nicht ein Ueberströmen der in dem Säckchen *c* enthaltenen Farbflüssigkeit während dieses vorbereitenden Actes veranlassen will. Es wird zunächst das Säckchen *c* mit Kali hypermang.-Lösung bis zu dem in der Zeichnung angegebenen Strich gefüllt, so dass man jede Niveauschwankung beim Versuche selbst deutlich übersehen kann; dann wird *f* mit *d* durch den Schlauch *e* in Verbindung gesetzt, derselbe jedoch zunächst durch eine Klemmschraube geschlossen, so dass keine Verbindung zwischen den Säckchen *c* und *g* besteht. Nunmehr werden durch den Tubus 1' beide Kugeln, sowie der Gang *k* vollkommen mit Wasser gefüllt, das Steigrohr *i* eingesetzt und die Klemme des Gummischlauches *e* gelöst. Auch in diesem Apparat herrscht vollkommene Ruhe; die Farbflüssigkeit in der Röhre *d* bleibt unverändert stehen, da der Druck in der Kugel *b*, welcher auf dem leeren Säckchen *g* lastet, derselbe ist wie der, dem das mit Wasser gefüllte Säckchen *c* ausgesetzt ist. Mag man nunmehr das Steigrohr *i* ein, zwei oder mehr Fuss mit Wasser füllen und dadurch den Druck in der Kugel *b* (der supponirten Schädelhöhle) ebenso wie in dem Raum *l* der Kugel *a*, dem perilymphatischen Raum, in ganz beliebiger Weise vergrössern, so wird doch nicht die geringste Menge Flüssigkeit aus dem gefüllten Säckchen *c* in das leere Säckchen *g* hinübergepresst werden, sondern die Farbflüssigkeit bleibt in der Röhre *d* völlig unverändert stehen. Das heisst also mit anderen Worten: Es wird bei Steigerung des intracraniellen und in weiterer Folge des perilymphatischen Druckes zu jeder beliebigen Höhe niemals ein Ausfliessen der Endolympe aus dem häutigen Labyrinth durch den Ductus endolymphaticus stattfinden, da auf den Wandungen des

in der Schädelhöhle gelegenen Saccus endolymphaticus gleichfalls der jeweilige intracranielle Druck lastet, somit derselbe, welcher durch die Perilymphe auf die Endolympe übertragen wird. Wenn aber keine Entleerung des endolymphatischen Raumes, also auch des Ductus cochlearis unter diesen Verhältnissen stattfinden kann, so kann es auch zur Depression einer der häutigen Wandungen des Ductus cochlearis, der Membrana vestibularis seu Reissneri, nicht kommen, da die Endolympe ebenso wie Wasser, wenn nicht ganz gewaltige, im menschlichen Körper niemals vorkommende Druckwirkungen stattfinden, nicht zusammendrückbar ist.

Es kommt demnach bei Steigerung des intracraniellen Druckes eine Depression der Membrana Reissneri und eine dadurch bedingte Läsion des Corti'schen Organs infolge der eigenartigen Wirkung der Schutzvorrichtungen des Labyrinths gegen Drucksteigerungen nicht vor, und damit dürfte auch die Deutung der vorerwähnten, in ihrer Werthigkeit schon aus anderen Gründen angezweifelten Sectionsbefunde hinfällig sein.

Man wird mir zugeben müssen, dass ich bei Aufstellung des zweiten Apparates die für das Experiment denkbar ungünstigsten Verhältnisse gewählt habe, da der intracranielle Druck durch das $1\frac{1}{2}$ Cm. weite Rohr *k* sich unmittelbar auf den perilymphatischen Raum fortpflanzen kann, während von dem leeren Säckchen *g* durch das Rohr *f e d* gar keine directe Druckübertragung stattfindet, also im ausgesprochensten Maasse gerade die Verhältnisse bestehen, auf Grund deren Steinbrügge bei intracranieller Drucksteigerung eine Depression der Membrana Reissneri für möglich hält, was doch die Möglichkeit des Entweichens der Endolympe aus dem Ductus cochlearis voraussetzt.

Die Untersuchungsergebnisse sind folgende:

1. Stände die Endolympe unter einem höheren Druck, als die Perilymphe, so würde dieser Ueberdruck durch elastische Spannung der Wandungen des häutigen Labyrinths getragen werden müssen. Diese würde für die Schallübertragung auf das Corti'sche Organ in hohem Maasse unzweckmässig sein.

2. Es ist anzunehmen, dass Peri- und Endolympe unter gleichem Drucke stehen, welcher etwas geringer als der intracranielle ist.

3. Die durch Athmung und Puls bedingten Druckschwankungen des Liquor cerebrospinalis übertragen sich nicht auf das Labyrinth.

4. Das eventuelle Ausströmen der Peri- wie Endolymphe bei Drucksteigerung im Labyrinth durch allzu ausgiebige Schall-schwingungen findet gleichzeitig statt.

5. Die Schutzvorrichtungen des Labyrinths verhindern eine Depression der Membrana vestibularis und eine dadurch bedingte Verletzung des Corti'schen Organs bei intracranieller Drucksteigerung.

6. Der Ausfall gerade der hohen Töne bei Verletzung des nervösen Endapparates des Acusticus durch allzu ausgiebige Schall-schwingungen lässt sich durch eine verlängerte und verstärkte Druckwirkung der Endolymphe auf die in der ersten Schneckenwindung gelegenen Gebilde und Nervenfasern des Corti'schen Organs erklären.