

(Aus dem physiologischen Institut der Universität Strassburg.)

## Ueber elektrische Reizung des Nervus VIII und seiner Endorgane beim Frosch.

Von

Dr. **Otto Kuffler.**

Seit Goltz<sup>1)</sup> die Theorie von den Bogengängen als spezifisches Sinnesorgan für die Empfindungen der Lageveränderungen des Kopfes aufgestellt hat, wurde dieselbe auf der einen Seite aufgenommen, vertheidigt, erweitert und modificirt, auf der anderen verworfen und heftig bekämpft. Die Einwände, die dagegen erhoben wurden und zum Theil noch erhoben werden, richten sich einerseits dahin, dass die nach Operationen an den Bogengängen auftretenden Störungen durch anormale, das Thier beunruhigende oder erschreckende Gehörsempfindungen zu Stande kommen, andererseits, dass es sich dabei um Verletzungen des Centralnervensystems handle.

Nun hat die Physiologie stets zwei Wege zur Feststellung der Function eines Organes: erstens die Beobachtungen der Ausfallserscheinungen nach Exstirpation des betreffenden Organes, zweitens die künstliche Reizung. Dieser letztere Weg musste also nothwendig zur Ergänzung der aus den Ausfallserscheinungen gezogenen Schlüsse betreten werden und ist von vielen Autoren (Breuer, Ewald, Cyon, Spamer u. A. m.) betreten worden. Die Aufgabe bei Reizung des Labyrinthes ist die, nachzusehen, ob man durch künstliche Reizung Reactionen hervorrufen kann, die wir auf Grund der Beobachtung der Ausfallserscheinungen für die natürliche Reaction des Labyrinthes halten dürfen. Nun ist eine der ausgeprägtesten unter den in Betracht kommenden Reactionen der Drehschwindel. Er bleibt bei doppelseitig labyrinthlosen Thieren völlig aus, und sollten noch Spuren davon zu beobachten sein, so werden diese von den Augen aus hervorgerufen. Aus den Beobachtungen an einseitig

---

1) Goltz, Ueber die physiologische Bedeutung der Bogengänge des Ohr-labyrinthes. Pflüger's Archiv Bd. 3. 1870.

labyrinthlosen Fröschen folgert Ewald<sup>1)</sup>, dass wohl jedes Labyrinth bei beiden Bewegungsrichtungen im Spiele ist, jedoch fiele dem Labyrinth der Seite, nach der hingedreht wird, die Hauptaufgabe zu; Schiff<sup>2)</sup> hingegen meint, dass nur dasjenige Labyrinth, nach dem hin gedreht wird, in Betracht komme. Wie dem auch sei, jedenfalls kommt hauptsächlich das letztgenannte Labyrinth in Betracht, und seine Reaction auf die durch die Drehung hervorgerufene Reizung ist eine Bewegung des Kopfes nach der entgegengesetzten Seite. Nun wurde eine ähnliche Reaction durch Hitzig<sup>3)</sup> gefunden. Bei querer Durchströmung des Kopfes mit dem galvanischen Strom neigt sich der Kopf nach der Anodenseite; subjectiv besteht das Gefühl des Fallens nach der Kathode. Es lag nahe, daran zu denken, dass es sich dabei um eine Labyrinthreizung handle. Den Reiz würde dabei lediglich die Kathode ausüben. Hitzig selbst bezog diese seine Beobachtungen nicht auf eine Reizung des Labyrinthes, sondern auf eine Reizung des Centralnervensystems. Aber bald wies Breuer<sup>4)</sup>, der sich der Goltz'schen Theorie im Wesentlichen anschloss, auf den möglichen Zusammenhang der Hitzig'schen Beobachtungen mit einer Labyrinthreizung hin. Er führte einen Kupferdraht in einen Bogengang ein, die andere Elektrode sass am Rumpf der Taube, welche als Versuchsthier benutzt wurde, und dabei erhielt er von verschiedenen Bogengängen aus verschiedene Bewegungen des Kopfes. Er sprach die Vermuthung aus, dass man bei Verbesserung der Methoden die jedem Bogengang entsprechende Kopfbewegung erhalten könnte. Bei den nun weiter über die elektrische Erregbarkeit des Labyrinthes angestellten Untersuchungen wurden wieder zweierlei Wege eingeschlagen. Einerseits blieb man mit nur unwesentlichen Modificationen bei der alten Methode Hitzig's der queren Durchströmung des Kopfes; hierbei weiss man naturgemäss nicht, was man reizt, und man muss daher diese Methode mit Exstirpationsversuchen combiniren. Diejenigen Reactionen, welche

---

1) J. Richard Ewald, Physiologische Untersuchungen über das Endorgan des Nervus VIII. Wiesbaden 1892.

2) Schiff, Sur le rôle des rameaux non auditifs du nerf acoustique. Arch. des sciences phys. et nat. Genf 1891.

3) Hitzig, Ueber die beim Galvanisiren des Kopfes entstehenden Störungen etc. Archiv von Reichert und du Bois-Reymond 1879.

4) J. Breuer, Beiträge zur Lehre vom statischen Sinn etc. Wiener med. Jahrbücher 1875.

nach Exstirpation des Labyrinthes ausbleiben, führt man auf Labyrinthreizung zurück. Andererseits bemühte man sich, die Bogengänge resp. die Ampullen direct zu reizen.

Betrachten wir zunächst kurz die wichtigsten Resultate der zweiten Art der Versuchsanordnung, weil sie für diese Arbeit weniger in Betracht kommen und daher in Kürze erledigt werden können. Breuer<sup>1)</sup> gelingt es in einer späteren Arbeit, jede Ampulle isolirt zu reizen, und er erhält stets Bewegungen des Kopfes in der Ebene des gereizten Bogenganges. Ueber die Richtung dieser Bewegung gibt Breuer an, dass sie meistens von der gereizten Seite sich abwendet, also, wenn am linken Labyrinth gereizt wird, schlägt der Kopf nach rechts. Manchmal schlägt der Kopf aber auch nach der entgegengesetzten Richtung. Hierbei ist es gleichgültig, ob die Anode oder die Kathode am Bogengang sitzt. Nur der Unterschied besteht, dass die Kathode beim Stromschluss, die Anode bei Stromöffnung den wirksamsten Reiz ausübt. Die Verschiedenheit in der Richtung der Kopfbewegung erklärt Breuer unter Heranziehung seiner Versuche mit thermischer Reizung dahin, dass in jeder Ampulle zwei verschiedene Kategorien von Nervenendigungen sich befinden, und zwar sollen die der vorderen Ampullenwand eine Bewegung des Kopfes von der gereizten Stelle weg bewirken, die der hinteren Wand eine Bewegung nach der gereizten Seite hin. Ausser diesen Reactionen in der Ebene des gereizten Bogenganges beobachtet Breuer noch eine diffuse Reaction, rein frontale Neigung des Kopfes nach der Anode zu, die Breuer auf eine Reizung der übrigen Labyrinththeile oder der Macula utriculi und sacculi zurückführt. Ewald ist in Bezug auf die Resultate bei Anlegung der Elektroden auf die einzelnen Theile des Labyrinthes der entgegengesetzten Meinung wie Breuer; er erhält, an welchem Theil des Labyrinthes er auch die Elektroden ansetzt, nur diffuse Labyrinthreaction, Kopfneigung mit geringer Drehung, setzt er die Kathode an, von der gereizten Seite weg, setzt er die Anode an, zur gereizten Seite hin. Bei bipolarer Reizung der Ampullen wirkt der aufsteigende Strom wie die Kathode, der absteigende wie die Anode. (Ewald versteht in diesem Falle unter aufsteigendem und absteigendem Strom nicht denjenigen Strom, der direct von der einen

---

1) J. Breuer, Neue Versuche an den Ohrbogengängen. Pflüger's Arch. Bd. 24. 1889.

Elektrode zur anderen fließt, sondern meint, dass die Ampulle von der zum Hauptstrom entgegengesetzt gerichteten Stromschleife, die durch den Bogengang fließt, gereizt wird. Das Labyrinth wird demnach vom absteigenden Strom gereizt, wenn ihm die Kathode näher liegt. Am besten werden diese Verhältnisse klar an der Hand der hierzu bei Ewald beigegebenen kleinen Zeichnung.)<sup>1)</sup>

Ewald glaubt daher, dass man die einzelnen Ampullen auf diese Weise nicht isolirt reizen könne, und dass bei der elektrischen Reizung mehr oder weniger stets das ganze Organ betroffen wird, und dass es darauf ankommt, welche Richtung der Strom im allgemeinen durch die Nervenbahnen des Nervus octavus nimmt (aufsteigend oder absteigend).

Da die Frage der isolirten Reizung der einzelnen Bogengänge für diese Arbeit nicht in Betracht kommt, so ergibt sich für uns als übereinstimmendes Resultat dieser beiden Versuchsreihen, welche an Tauben angestellt wurden, dass das Labyrinth elektrisch erregbar ist, und dass die auf den Reiz folgende Reaction bei Tauben in einer Neigung des Kopfes in der Frontalebene, von der Kathode weg resp. zur Anode hin, besteht. Ewald gibt ferner an, dass bei stärkeren Strömen auch eine Drehung des Kopfes in der Horizontalebene sich hinzustellen.

Wenden wir uns nun zur anderen Art der Labyrinthreizung, zur queren Durchströmung des Kopfes an normalen und an ein- oder doppelseitig labyrinthlosen Thieren. Ewald hat auch hierüber an Tauben umfassende Untersuchungen angestellt. Seine Resultate hierbei sind etwa folgende: Bei querer Durchströmung des Kopfes neigt die normale Taube bei Stromschluss den Kopf nach der Anode zu. Bei stärkeren Strömen treten Nebenreactionen auf. Werden derselben Taube beide Labyrinthhe exstirpirt, so tritt nur bei Anwendung von viel stärkeren Strömen eine schwache Kopfneigung auf; die Nebenreaction bleibt in gleicher Weise bestehen. Bei einseitig labyrinthlosen Tauben tritt die Reaction, immer in der schon angegebenen Richtung, viel stärker zu Tage, wenn an dem vorhandenen Labyrinth die Kathode liegt, schwächer, wenn die Anode daran liegt. Legt man eine Elektrode an ein Ohr, die andere als indifferente Elektrode an die Brust der Taube (ich nehme auch diese Versuchsanordnung in die zweite Kategorie, da ja hierbei doch

---

1) Ewald, l. c. S. 248 Fig. 63.

nicht ohne Weiteres das Labyrinth einwandfrei gereizt wird und Ewald auch hierbei zur Controle die Exstirpation heranzieht), so erfolgt, falls die Kathode am Ohr sitzt, Neigung — bei stärkeren Strömen Drehung — von der gereizten Seite weg. Liegt die Anode am Ohr, so ist die Reaction zunächst durch Nebenreactionen verdeckt. Bei gewisser Stromstärke gelingt es jedoch, eine schwache Neigung nach der gereizten Seite zu erzielen. Exstirpation des anderen Labyrinths ändert an diesen Resultaten nichts. Ewald schliesst aus allen diesen Thatsachen, dass die Kathode das Labyrinth reizt, die Anode hingegen eine Hemmungswirkung ausübt. Die schwache Kopfneigung, welche auch bei doppelseitig labyrinthlosen Thieren manchmal noch auftritt, erklärt Ewald als Stammreaction.

Zu nahezu den entgegengesetzten Resultaten wie Ewald gelangt Strehl<sup>1)</sup>. Er macht seine Versuche an Fröschen und an Tauben. Er findet bei den Fröschen bei querer Durchströmung des Kopfes mit mässig starken Strömen Torsion des Kopfes und des vorderen Theiles der Wirbelsäule nach der Anode hin. Beiderseitig labyrinthlose Frösche zeigen diese Reactionen ebenso gut oder vielleicht noch stärker. Der einseitig labyrinthlose Frosch reagirt besser, wenn die Anode an dem noch vorhandenen Labyrinth sitzt. Bei Tauben findet Strehl im Wesentlichen dasselbe Resultat. Strehl folgert nun, dass die Annahme, der galvanische Schwindel sei auf das Labyrinth zu beziehen, nicht aufrecht zu erhalten sei. Erstlich sei die Annahme willkürlich, dass auf die Labyrinth wirklich die physiologische Anode resp. Kathode einwirke. Das Organ liege so tief im Kopfe, dass die einzelnen Stromfäden es in verschiedenster Richtung treffen müssten, und dass daher jedes Labyrinth gleichzeitig unter der Einwirkung von Anode und Kathode stehe. Auch die Annahme, dass eine gemeinsame Resultirende auf das eine Labyrinth als Anode, auf das andere als Kathode wirke, sei unwahrscheinlich, weil die anatomischen Verhältnisse bei den verschiedenen Thierclassen zu verschieden seien, um ein gleichmässiges Resultat bei allen wahrscheinlich zu machen.

Zweitens: Die Annahme, dass es sich um Reizung des Octavusstammes handle, sei eher denkbar, weil bei querer Durchströmung der eine Nerv der Hauptsache nach von absteigenden Strömen durch-

---

1) Strehl, Beiträge zur Physiologie des inneren Ohres. Pflüger's Arch. Bd. 64.

flossen werde. Sie werde aber einerseits widerlegt durch die Angabe Ewald's, dass die in Betracht kommende Labyrinthreaction nach Exstirpation des Endorgans ausbleibe, andererseits durch seine eigene (Strehl's) Angabe, dass die Reaction noch nach einer Zeit auftrete, wo der Octavusstamm schon degenerirt sein müsse.

Drittens hält es Strehl zum Beweise der Labyrinthhypothese für erforderlich, dass man durch localisirte Reizung des Labyrinthes verschiedene Reactionen erhalte. Er erklärt die Erscheinungen für die Folge einer Reizung von irgendwelchen occulteren Gehirntheilen. Asymmetrische Verletzungen des Gehirnes riefen häufig Zwangsstellungen und Zwangsbewegungen hervor. Die Reizung sei mit einer zarten, exquisit asymmetrischen Verletzung des Gehirnes zu vergleichen.

Bei seinen Untersuchungen an Taubstummen findet Strehl die Zahl der galvanischen Versager im Verhältniss zu der, die sich auch bei normalen Menschen findet, nicht gross genug, um die Labyrinthhypothese zu stützen.

Gegen diese Anschauung Strehl's wendet sich Jensen<sup>1)</sup> und beweist in überaus sorgfältigen Untersuchungen an Tauben, dass ein grosser Unterschied zwischen labyrinthlosen und normalen Tauben in Bezug auf die galvanische Reizung bestehe. Durch genaue Untersuchung der Thiere in verschiedenen Abstufungen der Stromstärke gibt uns Jensen zunächst ein präciseres Bild des galvanischen Schwindels normaler Tauben, als es bis dahin bekannt war. Er gibt an, dass bei querer Durchströmung des Kopfes (in dieser Anordnung sind alle seine Versuche angestellt) bei schwachen Strömen eine Kopfneigung nach der Anode eintritt, deren Winkel mit steigender Stromintensität an Grösse zunimmt. Diese Kopfstellung bleibt bei geschlossenem Strom eine Zeit lang unverändert bestehen. Bei Oeffnung kehrt der Kopf nach Anwendung schwächerer Ströme ohne Weiteres in seine Normalstellung zurück. Bei stärkeren Strömen treten zwei neue Reactionen in Erscheinung, welche Jensen mit dem Nystagmus und dem Nachschwindel der Drehversuche in Analogie setzt. Der Kopf erreicht bei Schluss sein Neigungsmaximum nicht ohne Weiteres, sondern kehrt mehrmals ruckweise nach der Mittellinie um; hat er das Maximum erreicht, so macht er noch mehrere Nystagmusschläge, gerade so wie beim Drehschwindel. Bei Oeffnung schlägt der Kopf zunächst über die Mittelebene hinaus,

1) Paul Jensen, Ueber den galvanischen Schwindel. Pflüger's Archiv Bd. 64. 1896.

nach der Kathode zu, und kehrt dann mit einigen Nystagmusschlägen wieder in die Normalstellung zurück. Ausserdem tritt bei ganz starken Strömen noch eine Zuckungsreaction ein, die aus Neigung, Drehung und Wendung zusammengesetzt ist. Von den doppelseitig labyrinthlosen Tauben sagt Jensen<sup>1)</sup>: „Diese zeigen von den geschilderten Reactionen so gut wie nichts. Zwar erzielt man auch hier eine an die Dauerreaction erinnernde, mit einer Anoden-Drehung und Rückwärtsbeugung combinirte Anoden-Neigung; aber diese erreicht ihr Maximum schon bei 15°, und dies nur bei den stärksten angewandten Strömen, so dass man diese Reaction unmöglich mit der umfangreichen Schliessungsdauerreaction der normalen Taube identificiren kann; nur wie ein Schatten von jener nimmt sie sich aus. Ebenso fehlt dem Thier auch die Oeffnungsneigung nach der Kathode und der typische Nystagmus.“

Beiden Sorten gemeinsam findet Jensen nur „die Schliessungszuckungsreaction, den pendelnden Nystagmus des Kopfes und die Oeffnungszuckungsreaction zur Kathode“. Aus diesen Beobachtungen folgert Jensen:

Erstlich, dass gerade die nur bei normalen Tauben auftretenden Dauerreactionen dem Symptomencomplex entsprachen, welchen Hitzig, Breuer und Ewald als galvanischen Schwindel bezeichnet haben, und dass sie durch ihre Analogie schon mit dem Drehschwindel einerseits und andererseits mit der Kopfstellung einseitig labyrinthloser Tauben als wahrscheinliche Labyrinthreactionen imponiren. Diese letztere Annahme werde aber bewiesen eben durch die Thatsache, dass die erwähnten Reactionen bei doppelseitig labyrinthlosen Tauben ausbleiben. Die Frage, welche Theile des „Labyrinthapparates“ die Reaction auslöst, und die Frage der Stammreaction lässt Jensen offen.

Nach all' diesen Untersuchungen möchte ich annehmen, dass mindestens für den Augenblick die Frage in Bezug auf die Taube erledigt sei. Einerseits die unwiderlegliche directe Reizung des Labyrinthes durch Breuer und Ewald, andererseits die genauen Unterschiede, die Jensen bei querer Durchströmung des Kopfes zwischen operirten und nicht operirten Thieren gefunden hat, scheinen mir zu beweisen, dass der Symptomencomplex, den wir als galvanischen Schwindel zu bezeichnen pflegen, eine Reaction des Endorganes des Nervus octavus oder des Nervenstammes selbst sei.

---

1) Jensen, l. c. S. 206.

Ueber die Art des Zustandekommens gibt es freilich noch verschiedene Fragen, von denen einige noch später zur Besprechung kommen sollen. Anders steht es bei den Fröschen; da sind Strehl's Resultate meines Wissens noch unwiderlegt, und aus diesen Beobachtungen lässt sich auch wohl kein anderer Schluss ziehen, als ihn Strehl gezogen hat. Nun ist es jedoch sehr unwahrscheinlich, wenn auch keineswegs unmöglich, dass, wenn bei Tauben der galvanische Schwindel durch das Labyrinth ausgelöst wird, beim Frosch ein durchaus ähnlicher Symptomencomplex von einem ganz anderen Organ bewirkt werden sollte. Ich stellte mir daher die Aufgabe, an Fröschen nachzuprüfen:

Erstens, ob sich bei querer Durchströmung des Kopfes neue Reactionen finden lassen, die bei labyrinthlosen Fröschen ausbleiben;  
zweitens: Das Labyrinth möglichst direct elektrisch zu reizen;  
drittens: den Nervenstamm zu reizen.

### Besprechung der in Verwendung gekommenen Operationsmethoden.

Zur Exstirpation des Labyrinthes bediente ich mich ausschliesslich der Schrader'schen Methode, die darin besteht, von der Mundhöhle aus zu operiren, und welche von Ewald in besonderer Weise ausgebildet worden ist. Da sie ohne jede Blutung verläuft, so halte ich sie für die beste, und überdies ist sie auch die bequemste.

Zur Blosslegung des Labyrinthes behufs elektrischer Reizung verfuhr ich folgendermaassen: Ich führe mit der Scheere einen ungefähr elliptischen Hautschnitt aus, der median bis zur Mittellinie, nach vorne bis zum hinteren Rand des Auges, lateral bis zum oberen Rand des Trommelfelles und nach hinten bis etwa in die Mitte des Schulterblattes reicht. (Es wird hierbei zwar ein ziemlich grosses Stück Haut weggenommen, doch da die Thiere meist unmittelbar nach der Operation getödtet werden, so ist dies ohne Belang.) Der Schnitt muss in der Medianlinie begonnen werden, damit die der lateralen Hautpartie anliegende Arteria cutanea magna nicht verletzt wird. Kann man nun nach dem Medianschnitt das Hautstück so weit zurückschlagen, dass man die Innenseite desselben überblicken kann, so sieht man die genannte Arterie und kann sie an der Stelle, wo sie die Fascia dorsalis durchbricht, unterbinden oder



durchbrennen. Ist dies geschehen, so wird der Hautschnitt in der erwähnten Weise vervollständigt. Nun liegt die Fascia dorsalis vor, und unter dieser sehen wir nahe dem hinteren Augenrand die Arteria occipitalis durchschimmern. Auch diese wird durch Kauterisiren zerstört. Dann spalte ich vorsichtig die Fascie mit dem Messer und löse sie so weit ab, bis der unter ihr liegende Musculus temporalis vollkommen freigelegt ist. Nun schiebt man einen grossen Excavator unter den Muskel, bis man diesen mit dem Excavator ganz aufheben kann. Ist der Muskel auf diese Weise angespannt, so löst man seinen medialen Ansatz mit dem Messer hart vom Os petrosum ab; dabei ist zu beachten, dass man hart am Knochen schneidet, um denselben auch wirklich blosszulegen. Die hierbei meist auftretende stärkere Blutung lässt sich durch Kauterisiren oder durch das Andrücken kleiner Schwämmchen stillen. Schlägt man nun den Muskel zurück, so liegt bereits das Os petrosum in grösster Ausdehnung frei. Die zum Unterkiefer ziehende Sehne des Muskels schneidet man mit der Scheere am hinteren Augenrande durch. Bevor man nun an die eigentliche Eröffnung der Ohrhöhle herangeht, muss man sich sorgfältig überzeugen, dass jede Blutung gestillt ist, da dieselbe, wenn die Ohrhöhle einmal eröffnet ist, sehr störend wirkt, eventuell den Versuch ganz vereiteln kann. Zur Vorsicht stecke ich ein Schwämmchen in den Raum zwischen Os petrosum und Auge und ebenso unter das Schulterblatt. Zur Eröffnung der Labyrinthhöhle benutze ich die Stelle, wo die Oberfläche des Os petrosum sich in einer kleinen Concavität nach aufwärts biegt. Hier wird zunächst mit einem spitzen Bohrer<sup>1)</sup> der Knochen ein wenig angebohrt, um für den zum wirklichen Durchbohren des Knochens angewendeten breiten Fraissbohrer<sup>2)</sup> einen sicheren Ansatzpunkt zu schaffen. Mit diesem letztgenannten Instrument eröffnet man nun die Höhle in der Weise, dass man schräg etwas nach medial und hinten bohrt. Dabei hat man sich zu hüten, wenn der Knochen bereits dünn ist, fest aufzudrücken, da man sonst leicht das häutige Labyrinth zerstört.

---

1) Ein Bohrer wie der bei Ewald (l. c.) S. 125 Fig. 37 abgebildete, nur grösser, so dass seine breiteste Stelle 1,5 mm beträgt.

2) Ein Bohrer, wie ihn die Zahnärzte für die Bohrmaschinen verwenden. Der Form nach entspricht er dem bei Ewald (l. c.) S. 125, Fig. 38 abgebildeten. Nur ist er bedeutend grösser, der Durchmesser beträgt 3,0 mm.

Zur Freilegung der beiden Aeste des Nervus octavus verfähre ich bis zur Eröffnung der Labyrinthhöhle ebenso, wie eben beschrieben wurde; nur muss man sich für die folgende Operation etwas mehr Platz schaffen. Zu dem Zweck ist ausser den erwähnten Maassnahmen noch der Musculus depressor maxillae mit einigen Schnitten zurückzupräpariren; dann spannt man diesen mitsammt dem Schulterblatt mittelst eines kleinen Häkchens nach hinten. Hierauf löst man noch den medialen, vorderen Ansatz des Musculus cucullaris vom Knochen. Und nun wird die Labyrinthhöhle in der angegebenen Weise eröffnet. Von da ab muss nun die Operation unumgänglich nothwendiger Weise unter der Westien'schen Lupe und bei künstlicher Beleuchtung (Auerlicht) vorgenommen werden. (Das Licht wird durch einen mittelst Kugelgelenks an der Lupe angebrachten Reflector auf das Operationsfeld geworfen. Der Reflector besteht aus einem Planspiegel, auf den eine Biconvexlinse aufgekittet ist.) Von dem Bohrloch aus wird mit der von Professor Ewald angegebenen Knochenzange<sup>1)</sup> die obere Decke der Ohrhöhle stückweise abgetragen. Zur Unterstützung der Knochenzange kann natürlich auch eine Pincette dienen, mit der man die abgesprengten Knochentheile ganz abreissen kann. Ueber den Umfang, bis zu dem das Bohrloch erweitert werden muss, lässt sich keine feste Regel geben; da ist lediglich der Zweck maassgebend. Man muss eben so weit aufbrechen, dass man die ganze Ohrhöhle bequem übersehen kann. Hierzu ist namentlich nothwendig, dass man nach der Medianseite zu genügend abträgt. Nimmt man beim Aufbrechen immer wirklich nur die Knochen der oberen Wand zwischen die Branchen der Zange, so ist keine Gefahr vorhanden, wichtige Gebilde zu zerstören, denn die beiden Aeste des Nervus octavus treten ein gut Stück unter der Decke in die Ohrhöhle ein. Die Blutung beim Aufbrechen des Knochens ist meist ganz geringfügig und lässt sich durch das Einlegen kleinster Schwämmchen beseitigen. Dass man beim Abtragen der Decke meist auch einen der knöchernen Bogen, durch welche die häutigen Canäle treten, aufbricht und den häutigen Canal in die Branchen der Zange bekommt, ist ohne Belang, da ja das ganze Labyrinth entfernt werden soll.

Hat man nun die Höhle genügend eröffnet, so geht es an das Ausräumen derselben. Zunächst geht man mit einer leicht ge-

---

1) Ewald (l. c.) S. 72 Fig. 24, nur in grösserer Ausführung.

krümmten Nadel in die Fovea sacculi et cochleae ein, eine Nische, welche an der lateralen Seite der Ohrhöhle liegt, und zieht vorsichtig den Otolithensack heraus. Wird er bei dieser Manipulation zerstört, was leicht vorkommen kann, so muss die Höhle mit Wasser ausgespritzt und dann ausgetupft werden. Nun liegt noch das ganze häutige Labyrinth vor uns, jedoch eingehüllt von einer dünnen, meist stark pigmentirten Membran, dem Periost resp. Perichondrium, das sich von der oberen Wand abgelöst hat und das Ganze wie ein Sack einhüllt, so dass die beiden Aeste des Nervus octavus noch nicht zu sehen sind. Durch vorsichtiges Ziehen jedoch mit Pincette oder Nadel lässt sich das Periost noch so weit von der medialen Ohrhöhlenwand ablösen, dass man die beiden Nervenäste zu sehen bekommt. Um ihre Identität sicherzustellen, genügt es, sich davon zu überzeugen, dass sie sich mit der Nadel ein wenig verschieben lassen. Verwechseln kann man sie nämlich nur mit einem schmalen Streifen der Knochenwand, der zwischen den Eintrittsstellen der beiden Aeste hinzieht und häufig intensiv weiss gefärbt ist. Sieht man nun die beiden Octavus-Aeste deutlich vor sich, so fährt man mehrmals vorsichtig mit der Nadel zu beiden Seiten eines jeden Astes hinunter, um das umgebende Gewebe von ihm loszutrennen, ohne ihn selbst zu zerren. Hat man auf diese Weise die beiden Aeste im grössten Theil ihrer Ausdehnung freigelegt, und liegt nun alles Uebrige — das häutige Labyrinth, Periost, Bindegewebe — im lateralen Theil der Höhle, so kann man dieses ganze Paquet vorsichtig mit der Pincette auf den äusseren Rand heben; die beiden Octavusäste spannen sich dann quer über den Höhleneingang, und man kann sie mit einer feinen, sehr spitzen Scheere<sup>1)</sup> von den noch an ihnen haftenden Theilen loslösen. Die Höhle wird nun nochmals sorgfältig mit kleinen Streifchen Filtrirpapier ausgetrocknet, und die beiden Aeste liegen isolirt zur Reizung bereit.

Ich habe mich bemüht, im Vorstehenden eine Beschreibung der Operation zu geben, wie sie im günstigen Falle typisch verläuft. Es ist jedoch bei der Kleinheit des Operationsfeldes und bei der Zartheit der zu operirenden Organe unvermeidlich, dass häufig kleine Abweichungen von der vorher gegebenen Schilderung vorkommen. In solchen Fällen muss man eben das Verfahren stets in Hinblick auf den Endzweck der Operation entsprechend ein wenig ändern.

---

1) Etwa der von Ewald abgebildeten (l. c.) S. 69 Fig. 20.

Schliesslich sei noch bemerkt, dass sich zu dieser Operation möglichst grosse Exemplare von *Rana esculenta* am besten eignen.

### Reizversuche.

Zur Reizung werden folgende Instrumente verwendet:

1. Eine Tauchbatterie, welche so eingerichtet ist, dass man jederzeit eine beliebige Anzahl Elemente einschalten kann.
2. Ein Ewald'scher Einschleicher, mit dem man die Stromintensität auf das Feinste abstufen kann. Das Instrument schaltet nicht Widerstände ein und aus, sondern entnimmt nach dem Poggendorff'schen System einem Stromkreise, der durch einen flüssigen Leiter gebildet wird, einen mehr oder weniger grossen Antheil.
3. Ein Ampèremeter, das in Hundertstel Milliampère geeicht ist.
4. Ein Stromwender.
5. Ein Morsetaster.

Quere Durchströmung des Kopfes. Hierzu wird dem Frosch jederseits mit der Scheere ein kleiner Einschnitt in der hinteren Circumferenz des Trommelfelles gemacht; schneidet man vorne ein, so tritt Blutung auf. In die auf diese Weise zugänglich gemachte Trommelhöhle werden kleine Schwammelektroden eingestopft, die an dem blanken Ende eines überspannenen, sehr dünnen Kupfer- oder Neusilberdrahtes befestigt sind. Der Frosch kann in dieser Anordnung ungefesselt, unter einer Glasglocke sitzend, gereizt werden. Es wurden nur constante Ströme verwendet.

Verhalten des normalen Frosches: Beim Schliessen eines Stromes von ca. 0,3—0,5 Mmp. macht der Frosch eine kleine, etwa  $5-10^{\circ}$  betragende Kopfwendung nach der Anodenseite. Die Bewegung geschieht ruckartig, der Kopf kehrt sofort, während der Strom noch geschlossen ist, in seine Normalstellung zurück. Oeffnung gibt, wenn auch der Strom längere Zeit geschlossen war, keine Reaction. Daneben tritt noch häufig bei Stromschluss Schliessung des Augenlides und fibrilläre Zuckung von Rumpfmuskeln auf der Anodenseite auf. Steigerung der Stromintensität steigert die Intensität des Phänomens, ohne seine Natur zu ändern. Geht man über eine gewisse Intensität hinaus, so treten lediglich Schmerzäusserungen auf, die Reaction bleibt aus.

Vermehrt man bei constant geschlossenem Strom die Intensität allmählig durch den Einschleicher, so wird der Kopf constant nach der Anodenseite gedreht und bei wachsender Intensität auch der ganze Körper. Es tritt eine vollständige Verkrümmung der Wirbelsäule ein mit einer Concavität nach der Anodenseite. Die Rumpfmuskulatur dieser Seite ist krampfhaft contrahirt. An der Kathodenseite bemerkt man jetzt ebenfalls fibrilläre Zuckungen der Rumpfmuskulatur. Bleibt man bei einer gewissen Stromintensität stehen, ohne zu öffnen, so bleibt diese Zwangsstellung hestehen. Bei Oeffnung des Stromes löst sie sich sofort ohne Nachreaction. Der einseitig labyrinthlose Frosch zeigt sowohl die Schliessungs- als die Dauerreaction bei beiden Stromrichtungen. Manchmal scheint es sogar, dass die Reaction besser von Statten geht, wenn die Anode an dem noch vorhandenen Labyrinth sitzt.

Der doppelseitig labyrinthlose Frosch, den ich meist bald nach der Operation untersuchte, zeigt ebenfalls Dauer- und Schliessungsreaction wie der normale.

So weit stimmen meine Beobachtungen mit denen Strehl's überein, und es ist aus diesen Versuchen schlechterdings nicht abzuleiten, dass die geschilderten Reactionen vom Labyrinth ausgelöst würden. Aber eine abweichende Beobachtung habe ich doch gemacht, der ich zwar für sich allein keine grosse Beweiskraft beimessen möchte, da ich sie nur an zwei Thieren anstellen konnte, die mir aber immerhin einen gewissen Fingerzeig gab. Ein Frosch, der einen Monat nach der doppelseitigen Entfernung der Labyrinth untersucht wird — es gelingt mir leider nicht oft, die Thiere so lange zu erhalten —, reagirt auf kurze Schliessung erst bei ziemlich starken Strömen mit einer Zuckung des Kopfes. Diese Zuckung besteht hauptsächlich in einem Rückwärtswerfen des Kopfes, verbunden mit einer nur sehr schwachen Wendung nach der Anode hin. Die Dauerreaction tritt nur undeutlich und spurweise auf. Es lässt sich nun ohne genauere Untersuchungen nicht feststellen, wie lange Zeit der centrale Stumpf des Nervus octavus beim Frosche braucht, um so weit zu degeneriren, dass ein Unterschied in der Reizbarkeit zu Tage tritt. Jedenfalls kann man aus Analogie mit anderen Nerven schliessen, dass dies im Winter — und zu der Zeit sind diese Versuche angestellt — ziemlich lange dauert. Da wäre also bei dem auffälligen Unterschiede in dem Verhalten der beiden Froschkategorien (der kurze Zeit nach der Operation und der erst später untersuchten Thiere)

daran zu denken, dass die kurz nach der Operation auftretende Reaction Stammreaction ist, und dass nach einem Monat der Stamm schon zum grössten Theile degenerirt ist und darum nur mehr undeutliche, schwache Reactionen gibt. Dieses Verhalten widerspricht zwar scheinbar den Resultaten Ewald's und Jensen's bei Tauben, die ja auch schon bald nach der Operation keine oder doch nur eine sehr schwache Reaction zeigen. Aber es sind da so viele unberechenbare Unterschiede vorhanden, wie der Grad der Zerstörung bei der Operation, die Lebensdauer des Nervenstumpfes, die bei Fröschen sicher grösser ist als bei Tauben, dass dieser Einwand unhaltbar ist. — Wie gesagt, für absolut beweisend halte ich die angeführte Beobachtung nicht, aber ich glaubte darnach an der Möglichkeit festhalten zu dürfen, dass die bei querer Durchströmung des Kopfes bei doppelseitig labyrinthlosen Fröschen eintretende Reaction eine Stammreaction ist.

Directe Reizung des Labyrinthes: Der nach der angegebenen Weise operirte Frosch wird auf einem Froschkreuz festgebunden, in einer mit Wasser gefüllten Schale so weit versenkt, dass die Mundhöhle mit Wasser gefüllt ist. Dem Wasser wird ein Zusatz von Kochsalz gegeben ungefähr in dem Verhältniss einer physiologischen Kochsalzlösung. Als Elektrode zur Reizung des Labyrinthes dient ein derart in eine zur Capillare zugespitzte Glasröhre eingeschmolzener Platindraht, dass nur sein Querschnitt blank ist. Die Elektrode wird in einem Holzgestell befestigt, welches letzteres wieder in einem mit Schrot gefüllten Gefäss steht<sup>1)</sup>. Der Schrot hält das Gestell und damit auch die Elektrode in jeder beliebigen Stellung fest. Die indifferente Elektrode wird am Rand der Schale in das Wasser versenkt, so dass sie ungefähr in die Verlängerung der Medianlinie des Frosches zu liegen kommt. Die zum Reizen bestimmte Elektrode wird nun in die Labyrinthhöhle eingeführt, und zwar so, dass sie mit keinem Körpertheil in Berührung kommt. Durch die Reizung durch das in der Labyrinthhöhle angesammelte Wasser soll bewirkt werden, dass eine möglichst gleichmässige Vertheilung der Stromfäden über das ganze Labyrinth zu Stande kommt. Bevor ich den Frosch aufbinde, untersuche ich noch seine Labyrinthfunctionen, um zu constatiren, dass diese auch nach der Eröffnung

---

1) Diese von Ewald angegebene Methode, die ein nicht federndes Stativ darstellt, ist beschrieben bei Bickel. Pflüger's Arch. Bd. 67 S. 304.

der Höhle intact sind. Der Frosch zeigt auch dann normale Körperhaltung, überschlägt sich beim Sprunge nicht und zeigt auf der Drehscheibe dasselbe Verhalten wie ein normales Thier.

Nun zu den Resultaten der Reizung: Bei stärkeren Strömen tritt stets eine nach der Anode gerichtete Kopfwendung ein, also je nachdem, ob man mit der Anode oder Kathode reizt, bald nach der gereizten, bald nach der ungereizten Seite hin. Später fand ich, dass bei schwächeren Strömen stets eine Augenbewegung auftritt. Es bewegt sich nämlich das Auge der gereizten Seite nach vorne, das der ungereizten Seite nach rückwärts. Der Blick wird also von der gereizten Seite abgekehrt. Manchmal ist diese in der Horizontalebene vor sich gehende Bewegung mit einer Rotation verbunden. Hierzu sei noch bemerkt, dass, wenn man die Elektrode herausnimmt, um sie an irgend einem benachbarten Körpertheil oder dicht neben dem Trommelfell im Wasser anzusetzen, die Reaction ausbleibt.

Wie verhält sich nun der Frosch nach der Exstirpation des Labyrinthes, wenn er in derselben Anordnung wie früher gereizt wird? Die Kopfbewegung tritt ungefähr bei denselben Stromstärken auf; die Augenbewegung tritt nicht wieder auf. Nur ein Mal gelang es mir, dieselbe wieder hervorzurufen, als ich zufällig mit der Elektrode an die Knochenwand anstiess. Ich hatte dabei das Gefühl, in ein kleines Knochenloch zu stossen. Und nur von dieser Stelle aus liess sich dann die Reaction wieder hervorrufen. Von keiner anderen war es möglich.

Was folgt nun aus diesen Versuchen? Erstlich, dass es möglich ist, das Froschlabyrinth elektrisch zu reizen. Denn da die Reaction nur hervorgerufen werden kann, wenn man die Elektrode dicht über das blossgelegte Labyrinth hält, von den nächstbenachbarten Theilen aber nicht, welches andere Organ sollte da gereizt werden? Die Reaction ist zum Theil dieselbe, wie sie bei querer Durchströmung des Kopfes gefunden wird. Die erwähnten Augenbewegungen wurden auch von Cyon beim Frosch experimentell gefunden, und von Urban-schitsch und anderen Ohrenärzten wurden beim Untersuchen von Ohrenkranken ähnliche Augenbewegungen als Folge von Einspritzungen und Einblasungen constatirt. Nun bleiben aber noch zwei Fragen offen: Erstlich: Wie erklärt sich das Verhalten des Frosches nach Exstirpation des Labyrinthes? Das Wiederauftreten der Kopfbewegung liess an eine Stammreaction denken, ohne dieselbe zu beweisen. Das Wiederauftreten der Augenreaction jedoch,

das nur von einer bestimmten Stelle der Knochenwand hervorgerufen werden konnte, wies direct auf eine solche hin. Jedenfalls war es nach diesen Resultaten naheliegend, eine directe [Reizung des Octavusstammes zu versuchen. Warum aber die Kopfbewegung bei dem labyrinthlosen Thiere ebenso hervorzurufen ist wie bei dem mit intactem Labyrinth, während die Augenbewegung nur, wie ich annehme, durch directe Berührung des Nervenstammes ausgelöst werden kann, diese Frage vermag ich nicht zu beantworten. Doch ist daran zu denken, dass bei den zahlreichen, eng bei einander liegenden und vielleicht verschiedenen Functionen dienenden Fasern des Nervenstammes schon geringe, uncontrolirbare Veränderungen in den Bedingungen der Reizung diese Unterschiede hervorrufen können. Noch eine Frage bleibt offen, deren Beantwortung mir leider nicht gelungen ist, warum nämlich die Augenbewegung nicht stets in demselben Sinne erfolgt wie die Kopfbewegung. Die erstere richtet sich stets von der gereizten Seite weg, die letztere stets zur Anode zu. Genauere Untersuchungen werden vielleicht auch darüber noch Aufschluss geben.

Reizung der beiden Aeste des Nervus octavus:

Zur unmittelbaren Reizung der beiden Octavus-Aeste bleibt der Frosch in derselben Lage wie bei der Operation; d. h. man muss die beiden Nervenäste unter der Westien'schen Lupe sehen können. Als Elektroden dienten in eine Hartgummihandhabe eingefügte Platinspitzen; durch Verschiebung eines Ringes kann man ihre gegenseitige Distanz beliebig verändern<sup>1)</sup>. Die Platindrähte wurden mit einem Schellacküberzug versehen; nur die Spitzen sind freigelassen. Vorher gibt man ihnen noch die gewünschte Krümmung. Zu den folgenden Versuchen hatte ich stets eine Beihülfe nöthig, da derjenige, der die Elektrode unter steter Controle der Lupe an die Nervenäste anzuhalten hat, nicht im Stande ist, die beiden Augen des Frosches zu beobachten und auch noch gleichzeitig Taster und Einschleicher zu regieren. Diese Beihülfe wurde mir von Herren des Institutes in lebenswürdiger Weise geleistet. Ich will hier gleich bemerken, dass ich mir der Mangelhaftigkeit dieser Methode wohl bewusst bin. Erstlich kann man, wie gesagt, diese Versuche nicht allein anstellen, und dann, — was die Hauptsache ist —, beim Anhalten der Platinspitzen aus freier Hand an die kleinen zarten

---

1) Das Instrument wurde vom Mechaniker Runne in Heidelberg bezogen.



Nervenäste, werden diese letzteren bei heftigen Bewegungen des Thieres leicht zerstört und zu weiterer Reizung unbrauchbar. Es lässt sich da sicher noch eine bessere Methode finden, die all' diese Mängel vermeidet. Die Hauptsache bleibt für mich, dass überhaupt der Octavusstamm gereizt werden kann, und dass hierbei Reactionen ausgelöst werden, die den bei querer Durchströmung des Kopfes zu Stande kommenden analog sind.

Gehen wir nun zu diesen Reactionen über. Legt man beide Elektroden an den Ramus anterior, so bewegt sich bei Schliessung des Stromes das Auge der gereizten Seite nach vorn, das der ungereizten Seite nach hinten. Oeffnung ergibt keine Reaction. Bei Anwendung des faradischen Stromes erhält man häufig während der Dauer der Reizung einige nystagmusartige Schläge, die der Hauptreaction entgegengesetzt gerichtet sind. Kopfbewegung konnte ich vom vorderen Aste aus allein nur bei einem Thiere hervorrufen; sie war stets von der gereizten Seite weg gerichtet. Bei Reizung des Ramus posterior macht das Auge der gereizten Seite eine Bewegung nach vorne und oben, das der nicht gereizten Seite nach rückwärts und unten, Nystagmusschläge treten hier nie auf; ebenso wenig Kopfbewegung.

Bei beiden Aesten sind absteigende Ströme besser wirksam als aufsteigende, doch ändert die Stromwendung die Richtung der Reaction niemals. Bemerkt sei noch, dass, wenn man die Elektroden an irgend einer Stelle der ausgetrockneten d. h. nicht unter Wasser stehenden aber doch feuchten Höhlenwand aufsetzt, eine Reaction niemals erfolgt.

Nun stellte ich mir noch die Aufgabe, beide Stümpfe gleichzeitig zu reizen. Dies wurde in der Weise ausgeführt, dass auf jeden Ast eine der Platinspitzen aufgesetzt wurde. Beide Elektroden wurden mit einem Pole der Batterie verbunden; der andere Pol wurde als indifferente Elektrode mit dem Bauch des Thieres verbunden. Der Stromschluss bewirkte jedes Mal eine deutliche Kopfdrehung von der gereizten Seite weg. Doch zeigte sich die Kathode bedeutend wirksamer als die Anode. Die Augenreaction war bei dieser Versuchsanordnung unbestimmt.

Die Schlussfolgerungen aus diesen Versuchen will ich erst in Zusammenhang mit den allgemeinen Resultaten ziehen. Nur auf einen kleinen Unterschied möchte ich hinweisen, der sich zwischen

meinen Beobachtungen und denen von Katharina Schepiloff<sup>1)</sup> ergibt. Sie sagt nämlich: „1. La section unilatérale ou bilatérale du ramus posterior n'entraîne aucun trouble fonctionnel dans l'équilibration de l'animal; après la section bilatérale la surdité paraît complète.“

„2. La section unilatérale ou bilatérale du ramus anterior produit les mêmes désordres dans l'équilibration que l'on observe après la section du tronc de l'acoustique; l'audition est conservée.“ Danach schreibt sie dem Ramus anterior nur Gleichgewichtsfunctionen, dem Ramus posterior nur akustische Functionen zu, sagt jedoch selbst, dass sie sich diese Resultate mit den Angaben von Retzius und von Wiedersheim nicht zusammenreimen kann, dass nämlich beim Frosch der Ramus posterior auch Fasern zum Canalis semicircularis posterior führt. Da ich nun nicht annehmen kann, dass die vom hinteren Octavusast auszulösenden Augenbewegungen durch Gehörsempfindungen hervorgerufen werden, so glaube ich, dass dabei das Faserbündel, welches zum Canalis posterior führt, gereizt wird. Doch ist es ja sehr leicht möglich, dass das Durchschneiden dieser Fasern noch nicht genügend starke Störungen hervorruft, dass sie sich als Ausfallserscheinungen kundgeben könnten. Jedenfalls erscheint es auch mir, dass der Ramus anterior mehr für die nichtakustischen Functionen zu bedeuten hat als der Ramus posterior.

### Zusammenfassung der Resultate.

Die Lösung der ersten Aufgabe, die ich mir gestellt habe, nämlich bei querer Durchströmung des Kopfes neue Reactionen zu finden, welche nach Exstirpation des Labyrinthes ausbleiben, ist entschieden nicht geglückt. Ich kam zu keinen anderen Resultaten als Strehl.

Ueber das Zustandekommen der Kopfwendung glaube ich aus meinen Beobachtungen Folgendes schliessen zu können: Die Kopfdrehung kann ausgelöst werden sowohl vom Labyrinth aus als auch vom Octavusstamm. Doch ist sie in beiden Fällen von verschiedener Richtung. Ruft man sie vom Labyrinth aus hervor, so ist sie stets nach der Anode zu gerichtet; ruft man sie vom Octavusstamm aus

---

1) Kath. Schepiloff, Recherches sur les nerfs de la VIII<sup>me</sup> paire crânienne. Mémoires de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève vol. 32 p. 18.

hervor, so spielt der Unterschied von Anode und Kathode keine Rolle, sondern es findet unter allen Umständen eine Bewegung statt, welche von der gereizten Seite fort zur ungereizten Seite des Kopfes hinführt. Diese Thatsache würde auch sehr gut zu der von Ewald für das Labyrinth aufgestellten Anodenhemmungstheorie passen und ebenfalls zu der Annahme, dass beim Drehschwindel die Kopfwendung von der gereizten Seite weg gerichtet ist. Wird nämlich der Nerv, für den ja die Anodenhemmungstheorie nicht gilt, mit der Anode gereizt, so entsteht dieselbe Reaction, wie wenn das Labyrinth durch die Kathode oder auf der Drehscheibe durch die Strömung der Endolympe gereizt würde. Wirkt hingegen die Anode auf das Labyrinth, so hemmt sie dessen Function, und es tritt die entgegengesetzte Reaction ein. Im scheinbaren Widerspruch hiermit stehen nur meine den Angaben Strehl's entsprechenden Beobachtungen am einseitig labyrinthlosen Frosch bei querer Durchströmung des Kopfes: dass nämlich die Reaction ebenso gut oder vielleicht sogar besser von Statten geht, wenn die Anode an dem noch vorhandenen Labyrinth liegt. Ewald gibt ja an, dass die Anodenhemmungswirkung viel schwächer ist als die Kathodenwirkung. Man muss aber bedenken, dass bei unserer Versuchsanordnung nicht allein die Anodenhemmungswirkung auf das Labyrinth, sondern auch der kräftige Kathodenreiz auf den Octavusstamm der anderen Seite in Betracht kommt. Dass die Kopfwendung bei doppelseitig labyrinthlosen Fröschen durch Stammreizung zu Stande kommt, halte ich im höchsten Grade für wahrscheinlich. Erstlich nach der Beobachtung an Fröschen einen Monat nach der Operation, und zweitens — was viel wichtiger ist — auf Grund der Thatsache, dass man dieselbe Reaction auch durch directe Reizung des Octavusstammes erhält.

Weniger klar ist mir die Bedeutung der Augenbewegung geworden. Warum diese für den Fall, dass man das Labyrinth selbst mit der Anode reizt, der Kopfbewegung entgegen gerichtet ist, bleibt mir unklar. Man müsste zu der Annahme Breuer's greifen, dass in jeder Ampulle Fasern für jede Richtung der Bewegung vorhanden seien, und dazu aber noch die Hülfshypothese aufstellen, dass gerade bei den schwachen Strömen, wie sie für die Auslösung der Augenbewegungen nöthig sind, gerade nur immer diejenigen Fasern einer bestimmten Ampulle getroffen werden, welche der einen Bewegungsrichtung vorstehen. Diese letztere Annahme ist möglich, aber sehr unwahrscheinlich.

Nochmals sei schliesslich betont, dass ich den Hauptwerth bei dieser Arbeit auf den Nachweis der Thatsache lege, dass der Octavusstamm des Frosches elektrisch gereizt werden kann und dieselbe Reaction ergibt wie die quere Durchströmung des Kopfes. Ein Beweis für die directe elektrische Erregbarkeit des Octavusstammes ist unseres Wissens bisher nicht erbracht worden.

---