

Nachträglich sei es mir erlaubt hinzuzufügen, dass ich in den letzten Wochen ähnliche Versuche wiederholt habe, und ihr Ergebniss mit demjenigen einiger Kontrollversuche an mit Kohlensäure asphyxirten Thieren verglichen.

Bei CO<sup>2</sup>-Vergiftung bleiben sämmtliche Fermente thätig.

Bei CO-Vergiftung verliert das Trypsin allein seine Thätigkeit.

Wenn es einmal gelungen ist ein ganz unthätiges Pankreasinfus durch CO-Vergiftung zu bekommen, so gelingt es nicht immer durch Sauerstoff wieder Trypsin herzustellen; — ein neuer Beweis dafür, dass es in diesem Falle nicht bloß desoxydirt ist, sondern dass das Kohlenoxyd wirklich die Stelle des Sauerstoffs einnimmt.

---

(Aus dem klinischen Laboratorium des Prof. Mierzejewski.)

### **Ergebnisse der Durchschneidung des N. acusticus, nebst Erörterung der Bedeutung der semicirculären Canäle für das Körpergleichgewicht.**

Von

**Dr. W. Bechterew,**

Docent an der Kaiserl. Medicin. Academie zu St. Petersburg.

---

Die Frage über die Function der semicirculären Canäle ist seit der Zeit der berühmten Untersuchungen *Flourens'* nicht von den Seiten der physiologischen Literatur gewichen und wurde sogar in den letzten 10—15 Jahren, so zu sagen, der Lieblingsgegenstand experimenteller Untersuchungen. In Folge dessen ist der Erfolg der Durchschneidung dieser Canäle, wenigstens bei niederen Thieren, besonders bei Vögeln, ziemlich genau erforscht. Doch bis jetzt bestehen noch grosse Meinungsverschiedenheiten zwischen den Autoren nicht nur in den theoretischen Anschauungen über den functionellen Charakter der Canäle, sondern selbst hinsichtlich der Auffassung der nach ihrer Zerstörung auftretenden Erscheinungen. Dieser Umstand hing, wie mir scheint, in bedeutendem

Maasse theils von der nicht ganz richtigen Schätzung einiger an operirten Thieren beobachteten Erscheinungen ab, theils davon, dass bis vor unlängst die Existenz anderer in functioneller Beziehung den halbkreisförmigen Ohrbogengängen ähnlicher Organe, wie die graue centrale Substanz des dritten Ventrikels und die Olivenkörper des verlängerten Marks, nicht bekannt war <sup>1)</sup>.

Das Studium der nach Verletzung der zwei letzteren Organe auftretenden Erscheinungen gab mir die Möglichkeit, die der Zerstörung der Canäle folgenden Phänomene richtiger zu schätzen und zugleich die bestehenden Meinungsverschiedenheiten betreffs einiger theoretischen Anschauungen zu beseitigen. Dieser Umstand ist es auch, der mich bewegt, bei der Darstellung der von mir ausgeführten Durchschneidungsversuche des N. acusticus und der semicirculären Canäle in einige Erörterungen über die Function letzterer im Allgemeinen einzugehen.

Es wäre von unserer Seite überflüssig; Alles zu wiederholen, was über den Einfluss der semicirculären Canäle auf die Bewegungen des Thieres veröffentlicht wurde, um so mehr, als die unlängst erschienene Arbeit Spamer's ein ziemlich ausführliches Literaturverzeichnis über diesen Gegenstand enthält <sup>2)</sup>. Für unseren Zweck ist es nothwendig, hier in Kürze nur die allgemeinen Grundergebnisse der bis jetzt existirenden Untersuchungen über den Einfluss der semicirculären Canäle, wie auf die Bewegungen des Thieres überhaupt, so auch auf die Function des Körpergleichgewichts im Besonderen, wiederzugeben.

Der grösste Theil der Untersuchungen über die semicirculären Canäle ist an Tauben angestellt, und deshalb sind die nach Zerstörung der Canäle auftretenden Erscheinungen bei diesen Thieren ziemlich genau erforscht. Uebrigens dienten auch ziemlich oft als Objecte experimenteller Untersuchungen Kaninchen und Frösche.

Das Grundergebniss aller dieser Untersuchungen besteht darin,

---

1) Siehe meine Mittheilungen über die erwähnten Hirnthelle in Nr. 12 der St. Petersburger medic. Wochenschrift 1882: „Die Bedeutung der Trichterregion des 3. Ventrikels für die Erhaltung des Körpergleichgewichts“ (auch russisch in der Klinitcheskaja Gazeta von Prof. Botkin, 1882), und in Pflüger's Archiv, Bd. XXIX, 1882: „Ueber die functionelle Beziehung der unteren Oliven zum Kleinhirn, und die Bedeutung desselben für die Erhaltung des Körpergleichgewichts“ (auch russisch im „Wratsch“, Nr. 35 u. 36, 1882).

2) Dies Archiv, 1880.

dass bei isolirten Durchschneidungen der Canäle der Zerstörung jedes derselben fast immer bestimmte Erscheinungen entsprechen. So kommt nach Durchschneidung eines horizontalen Canals Neigung, sich um die Körperaxe nach der verletzten Seite zu drehen, bedeutende Unsicherheit des Ganges und Unregelmässigkeit oder vollständige Unmöglichkeit des Fluges (bei Tauben) zur Beobachtung; nach Durchschneidung des hinteren oder unteren verticalen Canals offenbart das Thier Neigung nach hinten zu fallen und umzuschlagen; und nach Durchschneidung des oberen oder vorderen verticalen Canals schlägt es nach vorn um. Die Störungen des Fliegens und Gehens sind auch bei beiden letzteren Operationen stark ausgedrückt. Nach umfassender Zerstörung aller drei Canäle einer Seite endlich treten, wie schon Flourens gezeigt hat, Rollbewegungen nach der verletzten Seite hin auf, in Begleitung einer besonderen Augenablenkung. — des einen nach unten und innen, des anderen nach oben und aussen; letztere ist besonders stark bei Säugethieren ausgeprägt.

Operirte Tauben bieten in allen Fällen dem Beobachter noch besondere Pendelbewegungen des Kopfes dar. Flourens<sup>1)</sup> hob bei seinen Untersuchungen hervor, dass diese Bewegungen des Kopfes in der Richtung des durchschnittenen Canals stattfinden. Cyon weist in letzterer Zeit wieder auf diese Beziehung und kommt auf Grund seiner Versuche zu dem Schluss, dass Durchtrennung zweier symmetrischer semicirculärer Canäle Bewegungen des Kopfes in der Ebene der durchschnittenen Canäle hervorruft<sup>2)</sup>.

Bei beiderseitigen Läsionen sind alle soeben bezeichneten Bewegungsstörungen im Allgemeinen stärker, als bei einseitigen, ausgeprägt, wenn von der Operation paarige Canäle betroffen werden. Nach Zerstörung aller sechs Canäle endlich treten vollständige Regellosigkeit der Bewegungen und deutliche Erscheinungen einer allgemeinen Gleichgewichtsstörung auf.

Alle Zwangsbewegungen überhaupt sind bei operirten Thieren am stärksten in der ersten Zeit nach der Operation, und treten gewöhnlich anfallsweise auf. Die Dauer dieser Erscheinungen hängt in bedeutendem Maasse von dem Umfang der Läsion ab.

---

1) Flourens, Recherches expérim. sur les propriétés et ses fonctions du syst. nerveux. Paris. II. edit. 1842.

2) Cyon, Thèse pour le doctorat en médic. Paris 1878.

Bei Durchschneidung eines Canals an einer Seite sind die Erscheinungen von kurzer Dauer und verschwinden nicht selten schon nach Verlauf von zwei bis drei Tagen nach der Operation, während sie bei bedeutenderen und beiderseitigen Läsionen längere Zeit anhalten; obgleich sie auch dann allmählich schwächer werden und die Thiere sich zuletzt beinahe vollständig erholen.

Was die höheren Thiere, wie z. B. Hunde, anbetrifft, so verhinderte bis jetzt die ungewöhnliche Schwierigkeit der Operation der Zerstörung der semicirculären Canäle, solcher Art Untersuchungen auch auf diese Thiere auszudehnen, obgleich dieselben von Interesse wären, da einige Autoren hinsichtlich des Effectes der Zerstörung der Canäle bei verschiedenen Thiergattungen Unterschiede fanden.

Seit Brown-Séguard's Untersuchungen ist es bekannt, dass auch Reizung des Stammes des N. acusticus oder der Endausbreitungen desselben im Labyrinth durch Berührung oder Nadelstich von ähnlichen Erscheinungen, wie die nach Zerstörung der Canäle auftretenden, gefolgt wird<sup>1)</sup>.

Obgleich diese Thatsache in vollständigem Einklang steht mit den anatomischen Untersuchungen, die eine Theilung des Hörnerven in zwei besondere, einen im Labyrinth, den anderen in der Schnecke sich verästelnde Zweige nachweisen<sup>2)</sup>, so wurde doch die Beobachtung Brown-Séguard's seiner Zeit stark von Schiff bestritten. Letzterer drückt sich auf Grund seiner Versuche in dieser Frage ganz kategorisch aus: „Die Hypothese, nach welcher der N. acusticus in zwei Zweige zerfallen soll, von denen einer für das Gehör diene, während der andere an der Hervorbringung der von Flourens nach Durchschneidung der semicirculären Canäle beschriebenen eigenthümlichen Bewegungen des Kopfes Theil nehme, entbehrt jeder Grundlage“<sup>3)</sup>.

Ungeachtet des offenbaren und directen Widerspruchs zwischen zweien der hervorragendsten Physiologen unserer Zeit, wurde die Frage nach dem Einfluss der Durchschneidung des N. acusticus auf die Bewegungen des Thieres beinahe keiner weiteren Unter-

1) Brown-Séguard, Cours of lectures. Philadelphia 1860, p. 195.

2) Stieda, S. Cyon, l. c. p. 91—98. Duval, Sens de l'espace. Soc. de Biologie, Séance du 21 Février 1880, Progrès méd. Nr. 9, 1880, p. 170. Erlitzky, Arch. de Neurologie, 1882, Nr. 7.

3) Schiff, Lehrbuch der Physiologie, 1858—59, p. 309.

suchung unterzogen. In dieser Hinsicht bestehen nur einzelne und unvollkommene Angaben einiger Autoren, die sich mit Untersuchungen über die semicirculären Canäle befassten. So beobachtete z. B. Goltz<sup>1)</sup>, welcher die Durchschneidung des N. acusticus an Fröschen ausführte, nach derselben Erscheinungen einer allgemeinen Störung des Körpergleichgewichts. Diese Beobachtung ist um so mehr bemerkenswerth, da der Autor die Nerven noch im knöchernen Canal, ohne die Schädelhöhle zu öffnen, durchschnitt, also im gegebenen Fall die Reinheit des Versuches keinem Zweifel unterliegen kann.

Cyon bespricht in seiner Pariser Dissertation von Neuem die Bewegungsstörungen, welche nach der Operation am Hörnerven des Kaninchens auftreten. Die beobachteten Erscheinungen sind dabei vom Autor zu allgemein beschrieben, und ausserdem leidet die Darstellung selbst an einiger Undeutlichkeit. Indem er die Ergebnisse der Durchschneidung der NN. acustici mittheilt, spricht er bei Darstellung der Symptome von einer Reizung derselben. Bei einseitiger Operation beobachtete der Autor Rollbewegungen um die Längsaxe in der Richtung nach der verletzten Seite: „Eine durch Zerdrückung beider NN. acustici hervorgebrachte Reizung derselben hat sehr verschiedenartige Krampfbewegungen zur Folge: das Thier hat die Neigung sich bald nach einer, bald nach der anderen Seite zu rollen. Es ist durchaus unfähig wie zu gehen, so auch zu stehen oder überhaupt irgend eine zweckmässige Bewegung auszuführen. Dieser bei Kaninchen hervorgerufene Zustand ähnelt am meisten demjenigen, in welchem Tauben sich nach Ausreissung aller semicirculären Canäle nebst deren Ampullen befinden. Mit der Zeit verschwinden diese Bewegungsstörungen allmählich, obgleich eine gewisse Unsicherheit der Bewegungen nachbleibt, in Folge deren das Kaninchen sich ungern fortbewegt und Bewegungen nur dann ausführt, wenn es dazu genöthigt wird.“<sup>2)</sup>

Das ist wesentlich Alles, was wir über die nach Durchschneidung der NN. acustici auftretenden Erscheinungen wissen.

Mit der Absicht, diese Bewegungsstörungen genauer zu studiren, nahm ich als Objecte für meine Untersuchungen Hunde hauptsächlich aus dem Grunde, dass die Flourens'schen Erscheinungen an diesen Thieren beinahe gar nicht erforscht waren.

1) Goltz, Dies Archiv, Bd. III.

2) Cyon, Thèse pour le doctorat, p. 61—62.

Die Operation der Durchschneidung des N. acusticus in der Schädelhöhle darf nicht zu den leichten gezählt werden, da in der nächsten Nachbarschaft desselben sich wichtige, auf die Bewegungen des Thieres Einfluss besitzende Hirntheile befinden. Cyon drückt sich hinsichtlich dieser Operation in seiner Methodik d. physiolog. Experimente u. Vivisectionen (1876. p. 514) folgendermassen aus: „Den N. acusticus isolirt zu durchtrennen ohne dabei gleichzeitig entweder das Ohrlabyrinth oder das Kleinhirn zu verletzen, ist bis jetzt Niemandem gelungen. Da aber diese Durchtrennung jetzt nur im Interesse der Frage über die Rolle des Acusticus bei den Bewegungsstörungen, welche durch Verletzungen der Bogengänge entstehen, noch angeführt zu werden verdient, so sind selbstverständlich die bisherigen Durchschneidungsmethoden unbrauchbar. Als einziger Weg, den Acusticus ohne diese störenden Mitverletzungen zu durchschneiden, ist das Eindringen in die Schädelhöhle zwischen Occipitalknochen und Atlas nach vorheriger sorgfältiger Spaltung der membrana obturatoria. Die Medulla oblongata vorsichtig bei Seite schiebend, kann man auf diesem Wege zu dem Acusticus gelangen und ihn durchschneiden.“ Auf Grund eigener Erfahrung muss ich sagen, dass auch diese Methode nicht als befriedigend gelten kann. Es ist sehr schwer die Medulla oblongata bei Seite zu schieben, wie es Cyon räth, ohne (wenigstens bei Hunden) dieselbe zu beschädigen oder den hinteren Kleinhirnschenkel zu verletzen. Ausserdem wird die Operation beinahe immer von einem mehr weniger bedeutenden Bluterguss begleitet, welcher in diesen Theilen des Gehirns sorgfältig zu vermeiden ist.

In seiner Dissertation beschreibt Cyon noch zwei Methoden der Durchschneidung des N. acusticus: eine besteht in der Blosslegung der Höhle des Processus mastoideus, in welcher der Flocculus des Kleinhirns liegt; unter letzteren wird ein Neurotom geführt, zur Durchtrennung des N. acusticus an dessen Austrittsstelle aus dem Can. Fallopieae. Die andere besteht in einer Trepanation des Occipitalknochens, wonach man durch die gebohrte Oeffnung, zur Orientirung die letzten Verzweigungen der Gehirnnerven benutzend, zum Acusticus gelangt. Diese beiden Methoden sind auch für Hunde unbrauchbar, da letztere so bedeutende Verletzungen in der bezeichneten Region nicht ertragen und gewöhnlich schon in den ersten Tagen nach der Operation unter Meningitis-Erscheinungen zu Grunde gehen.

Folgende Methode, die ich bei meinen Experimenten anwendete, scheint mir die zur Ausführung der bezeichneten Operation an Hunden am besten passende und zugleich hinsichtlich unwillkommener Nebenverletzungen des Kleinhirns oder der Medulla oblongata vollständig gefahrlos zu sein.

Dem narcotisirten Thier werden die Occipitalmuskeln sogleich unter und parallel dem vom Tuber occipit. zum Processus mastoideus ziehenden Kamm schräg bis zum Knochen durchtrennt; darauf wird etwas höher und seitlich von dem Gelenk zwischen Occipitalknochen und Atlas eine Oeffnung durchgebohrt. An dieser Stelle besitzt die Schuppe des Hinterhauptknochens am Hundeschädel eine ungewöhnliche Dünne, so dass nicht selten schon einige Umdrehungen einer kleinen Trefine oder eines Bohrers genügen, eine Oeffnung durchzubohren, aus welcher Liquor cerebrospinalis auszufließen beginnt. Durch diese Oeffnung wird ein aus einem runden dünnen Stilet bestehendes Instrument geführt, dessen Ende in der Art einer Messerklinge zugespitzt und unter einem Winkel gebogen ist. Indem man das Instrument durch die Oeffnung einführt, richtet man es, an der hinteren Oberfläche des Pyramidenknochens gleitend, nach unten und vorn, und nach Erreichung des inneren Foramen auditivum durchtrennt man durch einen Druck der Klinge den Nerven sogleich nach seinem Austritt aus dem Knochenkanal. Wird die Operation mit einiger Vorsicht ausgeführt, so gelingt der Versuch beinahe immer rein, ohne die geringste Beschädigung der benachbarten Hirntheile<sup>1)</sup>.

Die von mir erhaltenen Resultate bestanden in Folgendem:

Sogleich nach der Durchschneidung eines Hörnerven trat an dem Versuchsthier das Symptom der Rollung um die Längsaxe des Körpers nach der verletzten Seite hin auf, in Begleitung einer stark ausgeprägten Ablenkung der Augen, des gleichseitigen — nach unten und aussen, des entgegengesetzten — nach oben und innen. In beiden Augen war ausserdem starker Nystagmus in der der Augenablenkung entgegengesetzten Richtung bemerkbar, nebst einer unbedeutenden Pupillenerweiterung am Auge der unverletzten Seite.

---

1) Nur bisweilen wird zugleich mit dem Acusticus auch der Facialis verletzt, was selbstverständlich für unseren Zweck von keiner wesentlichen Bedeutung ist.

Die Rollung des Thieres ist in den ersten Tagen nach der Operation am stärksten, indem sie beinahe unaufhörlich während mehrerer Stunden fort dauert; nur zuweilen beruhigt sich das Thier auf einige Zeit und nimmt eine der Seite der Verletzung entsprechende Seitenlage ein. Dabei bewahrt der Kopf des Thieres eine besondere Seitenstellung, indem eine Wange (die der verletzten Seite entsprechende) nach unten, die andere nach oben gerichtet ist. Die Augenablenkung und der Nystagmus dauern auch während des Ruhezustands des Thieres fort, obgleich schwächer, als während des Anfalls der Rollbewegungen. Ausserdem lässt sich bei dem Thier beinahe immer eine eigenthümliche Lage der Extremitäten beobachten: nämlich die der verletzten Seite entgegengesetzten Extremitäten sind nach aussen gestreckt und mit solcher Kraft gespannt, dass eine Beugung derselben nur mit Mühe gelingt. Die der verletzten Seite entsprechenden Extremitäten dagegen sind an den Leib gezogen, halb gebeugt und lassen sich ohne jeden Widerstand passiv beugen und strecken. Dieses eigenthümliche Verhalten der Extremitäten tritt am deutlichsten bei der gewöhnlichen Lage des Thieres auf der der Verletzung entsprechenden Seite hervor. In jeder anderen Position, z. B. beim Umdrehen des Thieres in die Rückenlage, nimmt diese Differenz in der Spannung der Extremitäten bemerkbar ab und verschwindet sogar vollständig.

Obgleich die soeben beschriebene Erscheinung keine ausschliessliche Eigenthümlichkeit der einer Durchschneidung des Acusticus unterworfenen Thiere ausmacht, sondern, wie ich bemerkt habe, an allen mit Rollbewegungen behafteten Thieren überhaupt vorkommt, — unabhängig davon, ob dieselben durch Verletzung der grauen Substanz des 3. Ventrikels oder der Olivenkörper des verlängerten Marks, oder endlich durch Durchtrennung des N. acusticus hervorgerufen sind —, hat dessen ungeachtet bis jetzt, wie viel mir bekannt, keiner von den Autoren, die über die semi-circulären Canäle geschrieben, dieser Eigenthümlichkeit Erwähnung gethan. Uebrigens scheint Cyon bei Tauben mit durchschnittenen Canälen eine analoge Erscheinung beobachtet zu haben. Er bemerkt, dass bei operirten Thieren nicht selten eine besondere Einbiegung des Fusses an der verletzten Seite auffällt, die den Eindruck macht, als ob der Fuss gebrochen sei<sup>1)</sup>.

1) An denen meiner Hunde, die sich von der Operation der Acusticusdurchschneidung so weit erholten hatten, dass sie gehen konnten, war etwas

Während des Ruhezustands, d. h. in den Pausen zwischen den Rollungsparoxysmen, bewahrt das Thier mit durchschnittenem Acusticus, wie schon erwähnt, die Seitenlage, entsprechend der Seite der Operation. Hier ist zu bemerken, dass diese Position deutlich den Charakter einer Zwangslage an sich trägt. Wenn man das Thier von seinem Platze wegbewegt oder es auf die andere Seite zu drehen versucht, so bietet es immer einen starken Widerstand, indem es die Extremitäten der entgegengesetzten Seite an die Diele stemmt, und sobald es in Ruhe gelassen wird, wieder seine frühere Lage einnimmt oder seine Rollbewegungen beginnt. Jedes unerwartete Geräusch ruft gewöhnlich sogleich eine Rollung um die Körperaxe hervor, welche sich durch nichts von derjenigen Rollung unterscheidet, die nach Durchschneidung der Kleinhirnstiele, sowie auch nach Zerstörung der Oliven oder der hinteren seitlichen Wand der Trichterregion des 3. Ventrikels auftritt<sup>1)</sup>. Die Entwicklung eines jeden Rollbewegungsanfalls wird von einer Verstärkung des Nystagmus begleitet, während beim Aufhören des ersteren auch letzterer wieder abnimmt.

Erst nach Verlauf einiger Tage nach der Operation nehmen die Rollbewegungen allmählich ab und treten dann nur in der Form von Paroxysmen auf, die jedesmal durch irgend einen äusseren Reiz hervorgerufen werden müssen und von langdauernden Ruheperioden abgelöst werden. Wenn das Thier sich von der Operation erholt, so verschwindet gewöhnlich die Rollung im Verlauf der ersten Woche; die Seitenzwangslage bleibt jedoch meistens noch einige Zeit nach dem Aufhören der Rollbewegungen bestehen. Erst nach und nach gewinnt das Thier die Möglichkeit sich auf den Füßen zu erhalten, obgleich die Augenablenkung, die Seitenlage des Kopfes und eine besondere Neigung auf die Seite der Durchschneidung zu fallen grösstentheils noch sehr lange Zeit zu bemerken sind. In der Genesungsperiode kommen bei dem Thier ausserdem nicht selten noch sogenannte Manège- oder

---

Aehnliches hinsichtlich beider der versetzten Seite entsprechenden Extremitäten zu bemerken.

1) Eine genaue Beschreibung der diese Rollung begleitenden Erscheinungen habe ich in meinem Aufsatz „Thierversuche über zwangsweise Rollbewegungen um die Längsaxe“ in Nr. 6 der St. Petersburger medic. Wochenschr. 1882 veröffentlicht.

Kreisbewegungen grösstentheils nach der verletzten Seite hin vor, die, ebenso wie die Rollbewegungen, anfallsweise auftreten.

Mit der Zeit nehmen auch diese Bewegungen ab, obgleich eine vollständige Restitution der Motilität sogar nach Verlauf mehrerer Wochen nicht eintritt. Während dieser Wiederherstellungsperiode der Bewegungsfähigkeit des Thieres lenkt noch die Thatsache die Aufmerksamkeit auf sich, dass bei verdeckten Augen die bestehenden Motilitätsstörungen immer bedeutend zunehmen. Ausserdem hat ein dem Thier unerwartetes Geräusch grösstentheils den Erfolg, dass dasselbe sogleich auf die Seite des durchschnittenen Nerven niederstürzt und eine oder zwei Rollungen um die Körperlängsaxe vollführt.

Nach Durchschneidung beider NN. acustici treten beim Thier hauptsächlich allgemeine Störungen des Körpergleichgewichts auf, die in der Unfähigkeit zu gehen und zu stehen, ohne das geringste Vorhandensein einer Extremitätenlähmung bestehen. Ein auf diese Weise operirtes Thier liegt auf der Diele in jeder beliebigen Position. Wenn man es durch schmerzhaft Reize zur Bewegung antreibt, so beginnt es mit seinen Pfoten in der Luft herumzufahren, wälzt sich auf der Diele bald nach rechts, bald nach links, aber alle seine Bewegungen sind uncoordinirt, werden höchst unregelmässig ausgeführt und können keine Locomotion des Körpers hervorbringen. Bei diesen Bewegungsversuchen des Thieres treten fast immer Schaukelbewegungen des Kopfes auf. Hinsichtlich der Augen ist keine Ablenkung bemerkbar, doch besteht in der ersten Zeit nach der Operation beinahe immer Nystagmus in der Form von Schwingungsbewegungen in horizontaler Richtung.

Die Thiere genesen sehr selten von dieser Operation, die Bewegungsstörung ist immer dauerhaft, und erst nach Verlauf einiger Wochen beginnt eine allmähliche und langsame Restitution der Bewegungsfähigkeit.

Falls die Durchtrennung des anderen N. acusticus nicht sogleich, sondern erst einige Tage nach Durchschneidung des ersten vollführt wird, wenn einige der nach einseitiger Durchtrennung des Acusticus auftretenden Erscheinungen, wie die Rollbewegungen und der Nystagmus, schon im Abnehmen begriffen waren, so wird nach Durchschneidung des anderen Acusticus ausser allgemeinen Gleichgewichtsstörungen noch eine Drehung des Kopfes und Körpers um die Längsaxe nach der Seite der zweiten Durchschneidung, Augen-

ablenkung, zuweilen sogar Zwangslage auf der entsprechenden Seite beobachtet. Es ist so, als ob sich der einseitiger Durchschneidung des Acusticus entsprechende Effect abgeschwächt wiederholt, aber nur für sehr kurze Zeit. Gewöhnlich verschwinden die erwähnten Erscheinungen schon am zweiten oder dritten Tage, und es bleiben nur die allgemeinen, für beiderseitige Acusticusdurchschneidung charakteristischen Gleichgewichtsstörungen zurück.

Zu dieser Darstellung halte ich für nöthig hier noch Folgendes zuzufügen: Flourens erwähnt bei der Beschreibung seiner Versuche mehrmals der ausserordentlichen Kraft, mit welcher die Thiere die Zwangsbewegungen auszuführen bestrebt sind. Goltz hingegen bemerkte nichts der Art und bestreitet die Richtigkeit der von Flourens angegebenen Thatsache. In meinen angeführten Versuchen mit Durchschneidung des Acusticus konnte ich mich überzeugen, dass die Kraft, mit welcher die Rollbewegungen ausgeführt werden, in der That unüberwindbar genannt werden kann. Es ist beinahe unmöglich, das Thier von diesen Rollungen abzuhalten, und wenn man es sogar in den Händen festhält, so zappelt es mit seinen Pfoten und führt starke Schwenkungen des Kopfes aus, indem es denselben in der Luft Kreise in einer der Körperrollung entgegengesetzten Richtung beschreiben lässt. Ausserdem macht Goltz bei der Beschreibung seiner Versuche die Bemerkung, dass es genügt den Kopf der operirten Taube in eine gerade Stellung zu bringen und in derselben zu fixiren, um die Bewegungsstörungen bedeutend abnehmen zu lassen. In der That hören bei Hunden mit beiderseitiger Acusticusdurchschneidung die bei Antreibung des Thieres zur Bewegung auftretenden Schaukelbewegungen des Kopfes gewöhnlich bei ganz unbedeutender Fixation oder leichter Berührung auf, ohne jede Verstärkung der Bewegungsstörungen. Hingegen wurde in meinen Versuchen bei einseitiger Durchschneidung des Acusticus durch Veränderung der Seitenlage des Kopfes in eine gerade beinahe immer sogleich der Nystagmus verstärkt und das Thier nicht selten so erregt, dass unmittelbar danach sich ein Rollbewegungsanfall abspielte.

Aus vielen Gründen war für mich die Frage äusserst wichtig, inwiefern die erwähnten Motilitätsstörungen das unmittelbare Resultat der Acusticusdurchschneidung bilden, und ob an der Hervorbringung dieser Erscheinungen nicht eine durch die Operation entstehende Störung der Bewusstseinsphäre des Thieres Theil nimmt.

Diese Frage ist in der Hinsicht von grosser Bedeutung, dass, wie bekannt, einige Autoren alle der Durchschneidung der Canäle und auch des Acusticus folgenden Bewegungsstörungen durch das Auftreten eines Schwindelgefühls zu erklären versuchten, welches sich unter dem Einfluss von Ohrgeräuschen entwickeln sollte („Gehörschwindel“ nach Vulpian<sup>1)</sup>). Andere Autoren dagegen schrieben der Entstehung des grössten Theils der Motilitätsstörungen einen reflectorischen Charakter zu, ohne den Einfluss des durch die Operation entstehenden Schwindelgefühls auf die Motilitätssphäre des Thieres zu bestreiten.

Wie bekannt, bemühte sich besonders Löwenberg<sup>2)</sup> bezeichnete Frage auf experimentellem Wege zu entscheiden, indem er Tauben mit durchschnittenen Canälen narcotisirte (durch Chloroforminhalationen) oder ihre Hemisphäre entfernte. Hierbei konnte er die Thatsache constatiren, dass bei Tauben, denen zuvor die semicirculären Canäle durchschnitten werden, nach Zerstörung der Hemisphären die bestehenden Motilitätsstörungen in kurzer Zeit vollständig verschwinden und das Thier auf solche Weise zur Ruhe kommt, indem es unbeweglich bleibt; aber ein zur Locomotion anregender äusserer Anstoss oder Reiz genügt, um die vor Entfernung der Hemisphären vorhandenen Erscheinungen auf's Neue, doch nur auf kurze Zeit hervortreten zu lassen. Danach geht das Thier wieder zu seiner unbeweglichen Ruhelage über. Versuche mit Anästhesirung operirter Tauben durch Chloroform ergaben im Allgemeinen ähnliche Resultate.

Cyon, welcher zusammen mit Ssolucha diese Versuche an Tauben wiederholte, fand, dass Thiere mit durchschnittenen Canälen nach Entfernung der Hemisphären ruhig bleiben, bis ihre Ruhe durch eine äussere Ursache gestört wird. Aber es genügt irgend eine passive Bewegung, um dieselben Erscheinungen, welche vor Entfernung der Hemisphären bestanden, wieder hervorzurufen. Nur sind diese Erscheinungen etwas schwächer und werden bedeutend früher von dem Ruhezustand abgelöst. Wenn diese Operation an Tauben vollführt wird, denen nur zwei Canäle durchschnitten sind,

---

1) Vulpian, Leçons sur la physiol. génér. et comp. du système nerv. Paris 1866, p. 601.

2) Löwenberg, Archiv f. Augen- und Ohrenheilkunde, Bd. III, 1873, p. 1—12.

so bewahren die Bewegungen des Kopfes und Rumpfes den der Durchschneidung dieses Paares eigenen Charakter<sup>1)</sup>).

Von der Richtigkeit all dieser Angaben konnte ich mich selbst überzeugen, indem ich Tauben, denen zuvor einige Canäle durchschnitten worden waren, die Hemisphären zerstörte. Hier muss ich jedoch hinzufügen, dass bezeichnete Resultate an Tauben nur in dem Fall erhalten werden, wenn eine möglichst vollständige Abtragung der Hemisphären stattgefunden hat. Hierbei mache ich auf die Thatsache aufmerksam, dass im Ruhezustand der operirten Tauben mit zerstörten Hemisphären eigenthümliche Stellungen des Kopfes und Rumpfes bestehen; ausserdem ist bei einer solchen Taube, wenn man sie auf sanfte Weise, ohne starke oder unerwartete Stösse anzuwenden, zur Locomotion anregt, eine gewisse Unsicherheit des Ganges wahrnehmbar, ebenso wie bei Tauben mit durchschnittenen Canälen und unversehrten Hemisphären. Doch Anfälle der charakteristischen Bewegungen des Kopfes und Rumpfes stellen sich bei enthirnten Tauben nur unter dem Einflusse starker und plötzlicher Stösse oder eines unerwarteten Geräusches ein.

Nach diesen Erfahrungen war es für mich von Interesse, die Versuche Löwenberg's auch an Hunden mit durchschnittenem Acusticus zu prüfen.

Schon bei Anwendung des Chloroformirens während der Ausführung der Operation am Acusticus bemerkte ich, dass die Rollung des Thieres nur dann sich einstellt, wenn die Narcotisirungserscheinungen abzunehmen anfangen, wobei zuerst Verstärkung des Nystagmus auftritt, welchem nach einiger Zeit zwangsweise Rollbewegungen um die Längsaxe des Körpers nachfolgen; die Augenablenkung dagegen und die eigenthümliche Lage des Kopfes und Rumpfes sind vom Moment der Nervendurchschneidung an wahrnehmbar, sogar in dem Fall, wenn das Thier sich im Zustand tiefer Narcose befindet.

Ausserdem chloroformirte ich oft schon operirte Thiere, die mit voller Kraft zwangsweise Rollbewegungen ausgeführt hatten; jedes Mal nahm gleichzeitig mit der Entwicklung der Narcose die Neigung des Thieres zum Rollen allmählich ab, und zuletzt hörten

---

1) Cyon, Arbeiten aus dem physiol. Laborat. der Kaiserl. Medico-chirurg. Acad. 1873, p. 66 u. 67. Dies Archiv, Bd. III.

die Rollungen ganz auf. In tiefer Narcose verschwand auch der Nystagmus beinahe vollständig. Unterdessen blieb jedoch die Augenablenkung, die Seitenlage des Kopfes und Rumpfes und die gestreckte Lage der anderseitigen Extremitäten wie früher bestehen; das Thier bewahrte auch die ganze Zeit hindurch die Lage auf der der Operation entsprechenden Seite.

Die von mir angestellten Versuche mit Zerstörung der Hemisphärenoberfläche an Thieren, denen zuvor ein Acusticus durchschnitten worden war, ergaben im Allgemeinen ganz ähnliche Resultate<sup>1)</sup>. Die Zwangsbewegungen hörten bald nach dem Functionsausfall eines bedeutenden Theils der Oberfläche der Lobi frontales und parietales auf, und zugleich war eine Verminderung, zuweilen volles Verschwinden des Nystagmus bemerkbar, während die Augenablenkung und eigenthümliche Lage des Kopfes und Rumpfes wie früher bestehen blieben ohne an Intensität abzunehmen. Uebrigens gelang es ohne besondere Mühe ein auf solche Weise operirtes Thier aus seiner gewöhnlichen Lage zu bringen und auf die andere Seite umzuwälzen. Doch war es genügend, dasselbe durch irgend etwas, z. B. einen schmerzhaften Reiz oder einen Stoss aufzustören, und es nahm von Neuem seine frühere Lage auf der der Durchschneidung entsprechenden Seite ein; dabei führte der Kopf mit ausserordentlicher Kraft eine Wendung aus, der zufolge eine Wange nach unten, die andere nach oben gerichtet wurde, und die Extremitäten der entgegengesetzten Seite geriethen in Extension und Ablenkung nach aussen. Denselben Einfluss, wie ein schmerzhafter Reiz, hat auch ein unerwartetes Geräusch. Bei stärkeren und besonders bei ununterbrochen fortdauernden Reizen beginnt das Thier zuweilen sogar Rollbewegungen um die Längsaxe auszuführen, indem es sich mit den der Seite

1) In einem dieser Versuche bestand die Zerstörung der Hemisphären in Abtragung eines bedeutenden Theils der Gehirnoberfläche in den Frontal- und Parietalregionen durch beiderseitige Trepanation. In anderen Experimenten zog ich es vor, die Zerstörung der Oberfläche der Grosshirnhemisphären ohne ausgedehnte Eröffnung des Schädeldaches, nach folgender Methode auszuführen:

Mit Hülfe eines kleinen Trepans wurde im Gebiete der Temporal-knochen, sogleich über dem Processus zygomaticus, beiderseits eine kleine Oeffnung durchgebohrt, und durch dieselbe in den Schädel ein dünnes Messer eingeführt, welches die Oberfläche der Grosshirnhemisphären in bedeutender Ausdehnung von den unterliegenden Hirnganglien vollständig abtrennte.

der Nervendurchschneidung entgegengesetzten Extremitäten mit Kraft abstösst; doch schon bald nach Aufhören der Reizung beruhigt sich das Thier wieder, indem es von Neuem seine Lage auf der der Operation entsprechenden Seite mit eigenthümlicher Stellung des Kopfes und der Extremitäten einnimmt.

Wenn jetzt dem Thiere der andere Acusticus durchschnitten wird, so verschwindet augenblicklich die Augenablenkung, der Kopf des Thieres kehrt zu seiner normalen geraden Lage zurück, und auch hinsichtlich der Stellung der Extremitäten ist keine Differenz mehr wahrzunehmen.

Also lässt sich auf Grund aller obigen Angaben mit Bestimmtheit Folgendes aufstellen:

Obgleich an operirten Thieren mit zerstörten Grosshirnhemisphären oder während der Narcoose dieselben charakteristischen Erscheinungen wie an operirten Thieren mit unversehrten und normalfunctionirenden Hemisphären zu beobachten sind, so besteht doch der Unterschied zwischen ersteren und letzteren, dass bei ihrer Hemisphären beraubten Thieren die eigenthümlichen Bewegungen nur unter dem Einfluss äusserer Reize hervorgebracht werden und nur kurze Zeit anhalten, während diese Bewegungen bei Thieren mit unversehrten Hemisphären grösstentheils spontan, ohne die Bedingung eines äusseren Reizes zu Stande kommen und in der ersten Zeit nach der Operation sogar mehrere Stunden und länger unaufhaltsam fort dauern. Alles das führt uns zu der Schlussfolgerung, dass 1) den nach Durchschneidung der Canäle oder des Acusticus auftretenden Erscheinungen ein reflectorischer Character zukommt und 2) das Vorhandensein der Hemisphären (resp. des Bewusstseins) nicht ohne Einfluss auf diese Erscheinungen bleibt, indem dadurch der Effect der Operation selbst gesteigert wird.

Auf Grund letzteren Schlusses lässt sich die Voraussetzung aufstellen, dass bei der bezeichneten Operation an Thieren mit unversehrten Grosshirnhemisphären aus der Bewusstseinsphäre beständig Impulse ausgehen, die das Thier zur Fortsetzung der eigenthümlichen Bewegungen anregen. Unter Berücksichtigung der vorhandenen klinischen Beobachtungen von Ménière'scher Krankheit und der Versuche mit Durchleitung des galvanischen Stroms durch den Kopf des Menschen<sup>1)</sup> kann man annehmen, dass

1) Hitzig, Untersuchungen über das Gehirn. Berlin 1874.

das Schwindelgefühl in dieser Hinsicht eine wichtige Rolle spielt und aller Wahrscheinlichkeit nach den zur Fortsetzung der eigenthümlichen Bewegungen anregenden Impulsen zu Grunde liegt.

Hier halte ich es für nöthig zu erwähnen, dass Versuche mit Narcotisirung wie auch mit Zerstörung der Grosshirnhemisphären, an solchen Thieren angestellt, denen zuvor eine Läsion der Olivenkörper, der centralen Substanz des 3. Ventrikels oder der Kleinhirnthteile angebracht war, ganz analoge Resultate, wie die dargestellten Versuche an Thieren mit Acusticusdurchschneidung ergaben. In Folge dessen hat die von uns für letzteren Fall soeben vorgezogene Ansicht dieselbe Kraft und Bedeutung auch hinsichtlich aller anderer Bestandtheile des Equilibrationsmechanismus.

Benutzen wir hier die Gelegenheit noch einige der bestehenden theoretischen Anschauungen über die Function der semicirculären Ohrbogengänge zu erörtern.

Die Ansichten der Autoren sind in dieser Hinsicht äusserst verschieden und bis jetzt war es durchaus unmöglich, die widersprechenden Hypothesen, mit deren Hülfe man den Einfluss der Canäle auf die Bewegungen des Thieres zu erklären versuchte, unter einander in Einklang zu bringen. Als herrschende Theorien können zwei gelten: eine, die Ausfallstheorie genannt werden kann, betrachtet die der Zerstörung der Canäle folgenden Bewegungsstörungen als Erscheinungen, die in directer Abhängigkeit vom Ausfall der von denselben ausgehenden, in der Erhaltung des Körpergleichgewichts eine Rolle spielenden centripetalen Impulse stehen; die andere, sogen. Reizungstheorie, nimmt als Entstehungsursache aller Bewegungsstörungen eine durch die Durchschneidung selbst hervorgebrachte Reizung der Canäle an. Als hervorragendster Vertreter der ersten Theorie gilt von den contemporänen Autoren Goltz; Repräsentanten der zweiten sind: Löwenberg, Vulpian, Brown-Séguard, Schklawewsky, Cyon u. A.

Goltz<sup>1)</sup> gebührt das Verdienst, eine Hypothese aufgestellt zu haben, welche die Möglichkeit zu geben schien, die Entstehungsweise der in den semicirculären Canälen ihren Ursprung nehmenden und unserem Gleichgewichtsgefühl zu Grunde liegenden Empfindungen, deren bei Durchschneidungen der Canäle stattfindender Ausfall verschiedener Art Bewegungsstörungen zur Folge haben soll, zu erklären.

1) Goltz, Dies Archiv, Bd. III.

Doch stellten die Vertheidiger der Reizungstheorie gegen diese Hypothese, wie auch gegen die Ausfallstheorie überhaupt ziemlich gewichtige Entgegnungen auf. Ein Theil dieser Widerlegungen verliert übrigens seine Bedeutung, seitdem wir wissen, dass noch andere ihrer Funktion nach den semicirculären Ohrbogengängen vollständig analoge Organe existiren.

Wir wollen hier die wesentlichsten und wichtigsten That-sachen, auf welche sich die Vertreter der einen, wie der anderen Theorie stützen, erörtern.

Zu Gunsten der Ausfallstheorie wurden folgende factische Data angeführt:

1. Die nach Zerstörung der Canäle auftretenden Erscheinungen dauern lange Zeit sogar nach Verheilung der Wundränder an, wenn von irgend einer Reizung der Durchschneidungsstelle keine Rede mehr sein kann.

Um die Wichtigkeit dieser Angabe nach Gebühr zu würdigen, ist es genug daran zu erinnern, dass Tauben, denen alle sechs Canäle zerstört sind, erst nach Verlauf einiger Monate die Fähigkeit zu gehen und zu stehen wiedererlangen, die Fähigkeit zu fliegen aber für immer verlieren. Aber sogar nach so langer Zeit bewahren alle Bewegungen noch einige Ungeschicktheit und Unsicherheit. „Solch eine Taube geht sehr langsam; es macht den Eindruck, als ob sie bei jedem Schritt erst den Boden prüfe. Am liebsten bleibt die Taube unbeweglich in irgend einem dunklen Winkel und entscheidet sich nur ungern ihren Platz zu wechseln. Es ist, als ob sie ihren eigenen Kräften nicht traue. Es genügt ihr einen Stoss zu versetzen, um sogleich einen Anfall unwillkürlicher Bewegungen hervorzurufen, welche sie nicht ohne Mühe bewältigt.“ In anderen Fällen „hält die Bewegungsraserei sehr lange an, und die Tauben verlernen für immer zu gehen und zu stehen“<sup>1)</sup>.

So beschreibt die Erscheinungen einer der Vertreter der Reizungstheorie, nach welcher dieselben von der durch den Schnitt hervorgebrachten Reizung der Wandungen der Canäle bedingt sein sollen. Da jedoch die zu complicirten Bewegungen, z. B. zum Fluge nöthige Fähigkeit bei operirten Tauben sich niemals wieder herstellt, so müsste die durch den einmaligen Schnitt hervorge-

1) Cyon, Thèse pour le doctorat, p. 53.

brachte Reizung als eine unaufhörlich wirkende angenommen werden. Es fragt sich, ob von einer solchen die Rede sein kann?

2. Die nach der Operation an den semicirculären Canälen auftretenden Erscheinungen lassen schliessen, dass die Thiere die Fähigkeit zu complicirteren Bewegungen in der Folge nur mit Beihülfe anderer Sinnesorgane, hauptsächlich des Gesichts, wieder erlangen. „Es ist genügend, sagt Cyon von einer operirten Taube, ihr mit Hülfe eines auf den Kopf aufzusetzenden Säckchens die Augen zu verdecken, um sie alle Früchte ihrer erneuten Einübung verlieren zu lassen; sie kehrt zu dem Zustande zurück, in welchem sie sich einige Tage nach der Operation befand“. Wie wir sahen, hatte die Bedeckung der Augen auch bei operirten Hunden, die sich in der Wiederherstellungsperiode der Motilität befanden, denselben deutlich verschlimmernden Einfluss auf die Bewegungsstörung. Vom Standpunkt der Reizungstheorie ist es schwer, diese Thatsache zu erklären, während dieselbe im Lichte der Ausfallstheorie ganz natürlich erscheint, da wir aus der Pathologie des Menschen nicht wenig Beispiele kennen, wo der Mangel eines Sinnesorgans einigermaßen durch die Thätigkeit anderer analoger Organe, die unversehrt geblieben sind, ergänzt wird.

3. Die bei unmittelbarer Reizung der semicirculären Canäle zu beobachtenden Erscheinungen sind den nach Zerstörung derselben auftretenden meistentheils direct entgegengesetzt. Während z. B. Reizung eines horizontalen Canals Drehung des Kopfes nach der verletzten Seite zur Folge hat, wird Zerstörung desselben Canals von einer Drehung des Kopfes nach der verletzten Seite und Manège-Bewegungen begleitet. Mechanische Reizung des rechten hinteren verticalen Canals bringt bei der Taube eine langanhaltende Wendung des Kopfes nach links und unten hervor (Bornhardt); hingegen treten nach Zerstörung dieses Canals Bewegungen des Kopfes von unten nach oben und rechts auf.

Den oben stehenden Angaben entsprechend hat Spamer in letzterer Zeit gefunden, dass einseitige Reizung der Canäle durch den faradischen Strom eine Rollung des Körpers nach der entgegengesetzten Seite hervorrufft, während Zerstörung derselben, wie bekannt, Rollung nach der verletzten Seite hin zur Folge hat.

Der Autor selbst, ein Vertreter der Reizungstheorie, gibt keine genügende Erklärung der angegebenen Erscheinung; indessen führt er in demselben Artikel eine Reihe von Versuchen mit Applicat

tion von Eisenchlorür und Cauterisation der Canäle mit Hilfe eines Thermocauteriums und glühender Drähte an, in welchen kurze Zeit währende Zwangsbewegungen in derselben Richtung, wie auch bei Durchschneidung der Canäle, statt fanden, was nach Meinung des Autors als eine die Reizungstheorie bestätigende Thatsache aufzufassen ist.

Doch die Bedeutung dieser letzteren Entgegnung lässt sich leicht beseitigen, wenn man berücksichtigt, dass die semicirculären Canäle ein für jegliche äussere Einflüsse höchst empfindliches Organ sind. Einige Autoren behaupten sogar, dass schon die Blosslegung der häutigen Canäle genügt, um sogleich einige der Flourens'schen Erscheinungen hervortreten zu lassen. Deshalb ist es leicht möglich, dass der Einfluss starker Reagentia, wie die Application von Eisenchlorür oder Cauterisation durch Thermocauterium und glühende Drähte eine temporäre Funktionserschöpfung der Canäle herbeiführt, ohne von einer Reizung derselben entsprechenden Erscheinungen begleitet zu werden.

Zu Gunsten dieser Auffassung spricht offenbar schon der Umstand, dass nach Versuchen des nämlichen Spamer blosser Berührung der Canäle mit einem glühenden Draht ein dem vorhergehenden entgegengesetztes Resultat giebt, nämlich, Neigung zur Rollung nach der entgegengesetzten Seite <sup>1)</sup>.

Schliesslich sprechen in demselben Sinn die oben genannten Versuche Hitzig's mit Durchleitung eines beständigen Stroms durch den Kopf. In letzterer Zeit sind diese Versuche auch von Spamer bestätigt, dem es gelang, die Electroden unmittelbar auf die blossgelegten Canäle zu appliciren. Bei diesen Versuchen war im Moment der Stromschliessung immer Neigung zu fallen und sogar Rollung nach der Seite der Anode zu beobachten, während Oeffnung des Stromes den entgegengesetzten Effekt hervorbrachte. Da jedoch in diesen Experimenten die Reizung bei Schliessung

---

1) Nach Spamer's Ansicht bleibt diese Thatsache ohne Erklärung, wenn in diesem Fall nicht eine Reizung benachbarter Bildungen als möglich zugegeben wird (l. c. p. 579). Doch blickt hier ein innerer Widerspruch des Autors durch. Weshalb soll bei einfacher Berührung der Canäle mit glühendem Draht eine Reizung benachbarter Theile stattfinden, während bei Operationen mit vollständiger Cauterisation der Canäle eine solche nicht angenommen wird? Wenigstens berührt der Autor letztere Möglichkeit mit keiner Silbe.

an der Seite der Kathode, bei Oeffnung des Stromes an der Seite der Anode gesucht werden muss, so tritt auch hier der Reizungseffekt in einer der bei Zerstörung der Canäle zu beobachtenden entgegengesetzten Richtung hervor.

Die Vertheidiger der Reizungstheorie stützen sich ihrerseits hauptsächlich auf folgende Thatsachen:

1. Die nach Durchschneidung der Canäle, und auch der Hörnerven, auftretenden Erscheinungen sind, wie bekannt, am stärksten unmittelbar nach der Operation ausgedrückt, während sie in der Folge bedeutend schwächer werden und einige derselben mit der Zeit sogar vollständig verschwinden. Solch eine verhältnissmässig schnelle Abnahme der Erscheinungen ist mit der Ausfallstheorie aus dem Grunde ziemlich schwer vereinbar, da der Ausfall normaler reflectorisch sich vermittelnder Empfindungen von beständigeren und länger andauernden Erscheinungen begleitet sein müsste.

Jedoch wird die Beweiskraft und Bedeutung dieser Thatsache stark dadurch herabgesetzt, dass wir heutzutage andere in functioneller Hinsicht den semicirculären Canälen vollständig analoge Organe kennen, nämlich die graue centrale Substanz des dritten Ventrikels und die Oliven des verlängerten Marks. Es ist daher möglich, dass die Rückbildung der nach Zerstörung der Canäle auftretenden Motilitätsstörungen sich zum Theil dadurch erklären lässt, dass das Thier mit Hülfe der zwei anderen unversehrt gebliebenen Organe die Fähigkeit sein Körpergleichgewicht zu erhalten, bald wieder erlernt und auf solche Weise die nach Durchschneidung der Canäle sich einstellenden Störungen ausgleicht.

Ausserdem wissen wir, dass selbst nach Zerstörung des centralen Gleichgewichtsorgans — des Kleinhirns — auftretende Motilitätsstörungen mit der Zeit auch abnehmen und zuletzt sogar ganz verschwinden, wenigstens an operirten Tauben. Die Ursache der Wiederherstellung der Bewegungen besteht nach Ferrier's Ansicht in diesem Fall darin, dass das Thier zum Theil durch Willensimpulse sein Körpergleichgewicht zu erhalten lernt <sup>1)</sup>. Aber falls die Theilnahme von Willensimpulsen an der Restitution der Locomotionsfähigkeit nach Zerstörung des Kleinhirns zugegeben wird, so ist ohne Zweifel kein Grund vorhanden, eine ähnliche Theilnahme der Willensimpulse an der Ausgleichung der nach Zer-

1) Ferrier, Die Functionen des Gehirns, übers. von Obersteiner, 1879, p. 123.

störung der halbkreisförmigen Ohrbogengänge auftretenden Bewegungsstörungen in Abrede zu stellen.

Jedoch spricht die Schnelligkeit, mit welcher einige der nach Zerstörung des Canäle auftretenden Erscheinungen verschwinden, trotzdem für die Reizungstheorie. Es ist z. B. bekannt, dass nach Durchschneidung einer der Canäle an einer Seite die eigenthümlichen Bewegungen des Kopfes bei Tauben zuweilen schon nach Verlauf einiger Stunden aufhören. Natürlich wird es schwer anzunehmen, dass die Wiederherstellung der normalen Bewegungsfähigkeit in so kurzer Zeit durch Theilnahme von Willensimpulsen seitens des Thieres oder durch functionellen Ersatz des mangelnden Canals durch andere in der Erhaltung des Körpergleichgewichts eine Rolle spielende Organe möglich sei.

2. Die ausserordentliche Kraft, mit welcher die Thiere ihre Zwangsbewegungen ausführen, wie auch die besondere Hartnäckigkeit, mit welcher sie in den Ruhepausen ihre eigenthümliche Lage zu bewahren bestrebt sind, spricht ohne Zweifel mehr zu Gunsten der Reizungs-, als zu Gunsten der Ausfallstheorie. Schliesslich

3. Die Mehrzahl der nach Durchschneidung der Canäle oder des Hörnerven sich einstellenden Zwangsbewegungen trägt einen sehr deutlichen Charakter von Anfällen oder Paroxysmen, was viel leichter durch die Existenz einer von Zeit zu Zeit auftretenden Reizung, als durch einen Functionsausfall sich erklären lässt.

Aus Obigem überzeugt man sich leicht, dass alle vorhandenen Thatsachen aus der Physiologie der semicirculären Canäle in ihrer Gesammtheit weder vom Standpunct der von Goltz aufgestellten Ausfallstheorie, noch vom Standpunct der von Brown-Séquard, Löwenberg, Cyon u. A. angenommenen Reizungstheorie eine richtige Erklärung finden, und dass desshalb weder die eine noch die andere der beschriebenen Theorien als befriedigend gelten kann.

Alle Schwierigkeiten in der Erklärung der bezeichneten Thatsachen lassen sich nur unter einer Bedingung lösen, nämlich, wenn wir annehmen, dass die der Zerstörung der Canäle nachfolgenden Erscheinungen gleichzeitig vom Functionsausfall der zerstörten und fortdauernden Function oder normalen Erregung der unversehrt gelassenen Canäle abhängen <sup>1)</sup>. Diese Annahme

1) So hängen z. B. die bei vollständiger einseitiger Zerstörung der Canäle oder bei Durchtrennung des Acusticus zu beobachtenden Erscheinun-

einer Erregung der unversehrten Canäle steht nicht nur mit der allverbreiteten Anschauung in Einklang, gemäss welcher im gesunden Zustande des Thieres die semicirculären Canäle als Ursprungsort beständig entstehender normaler sogen. „ampullärer“ Empfindungen dienen (die nicht anders als im Sinne einer Functionserregung aufgefasst werden können), sondern entspringt sogar aus derselben als nothwendige Schlussfolgerung.

In der That, falls wir annehmen, dass im normalen gesunden Zustande in den semicirculären Canälen eine beständige Erregung stattfindet, welche auf reflectorische Weise durch das Kleinhirn den motorischen Bahnen übermittelt wird und zur Erhaltung des Körpergleichgewichts beiträgt, so ist es natürlich, dass die nach Zerstörung der Canäle oder nach Durchtrennung des Acusticus auftretenden Bewegungserscheinungen einen Summationseffekt, bedingt durch den Functionsausfall der zerstörten, wie auch durch die normale Functionsfortsetzung des unversehrt gelassenen, ihres in der Erregung der zerstörten Canäle bestehenden Gegengewichts beraubten, repräsentiren. Die bei Reizung der Canäle durch den electrischen Strom entstehende Wirkung muss dagegen durch die erhöhte Erregung der gereizten Canäle erklärt werden, welche so zu sagen über die normale Erregung der anderen Canäle das Uebergewicht erlangt.

Die in beiden Fällen mangelnde Uebereinstimmung in den Empfindungen der Canäle der einen und der anderen Seite erreicht die Bewusstseinscentra und ruft in denselben eine starke Reaction in der Form eines Schwindelgefühls hervor, welches seinerseits zu einer Verstärkung der absonderlichen Motilitätsstörungen führt.

Nur bei gänzlicher Entfernung aller sechs häutigen Canäle, z. B. bei der Ausziehung derselben, welche von Cyon vollführt wurde, oder bei Durchschneidung beider Hörnerven, kann keine Rede von irgend einer Erregung sein, und ist dann die Bewegungsstörung, welche in diesem Fall ausschliesslich in einer Störung des Körpergleichgewichts besteht, als ein dem vollständigen Functionsausfall aller Canäle entsprechender Effect zu betrachten.

---

gen, wie von dem Functionsausfall der Canäle der operirten Seite, so auch von der normalen Erregung der anderseitigen Canäle ab; bei partiellen beiderseitigen Zerstörungen aber nicht nur von dem Functionsausfall der zerstörten, sondern auch von der gleichzeitig bestehenden normalen Erregung der unversehrt gebliebenen Canäle.

Die soeben ausgeführte Anschauung setzt uns nicht nur in die Lage, die bis jetzt bestehenden einander widersprechenden Ansichten der Autoren über den Charakter der nach Zerstörung der Canäle sich einstellenden Erscheinungen in Einklang zu bringen, sondern giebt auch eine vollständig befriedigende Erklärung derjenigen aus der Physiologie der semicirculären Canäle bekannten Thatsachen und Erscheinungen, welche nach den bis jetzt verbreiteten Ansichten sich nicht gut erklären liessen.

Zu solchen Erscheinungen gehört folgende Thatsache: Es ist bekannt, dass nach Ausziehung aller häutigen Canäle einer Seite, ebenso wie nach Durchschneidung eines Acusticus Erscheinungen auftreten, welche auf keine Weise durch den Functionsausfall der operirten Canäle sich erklären lassen, sondern im Gegentheil, ihrem Charakter und Verlauf nach, wie wir sahen, eher einem Erregungszustande dieses Organs entsprechen. Doch von was für einer Erregung kann denn die Rede sein, wenn das zur Erregung fähige Organ selbst vollständig entfernt, wie bei Ausziehung der häutigen Canäle, oder von seinem Centrum getrennt ist, wie bei Durchschneidung des Acusticus?

Eine andere bemerkenswerthe, vom Standpunkt der bestehenden Theorien aus nicht weniger räthselhafte Thatsache besteht darin, dass die zwangsweisen Rollbewegungen, wie auch die absonderlichen Stellungen der Augen, des Kopfes, des Rumpfes und der Extremitäten, die nach Zerstörung aller drei Canäle einer Seite oder nach einseitiger Acusticusdurchschneidung auftreten, nach Zerstörung der Canäle der anderen Seite, oder nach Durchschneidung des anderen Acusticus, sofort verschwinden, wobei nur eine allgemeine Störung des Körpergleichgewichts des Thieres bestehen bleibt. Dieses vollständige Verschwinden der charakteristischen Erscheinungen im gegebenen Fall kann weder von der Reizungs-, noch von der Ausfallstheorie erklärt werden, da wir weder in der Physiologie, noch in der Pathologie des Nervensystems irgend ein Beispiel kennen, wo durch Reizung oder Lähmung eines gewissen Organs der einen Seite hervorgerufene Erscheinungen unter dem Einfluss der Reizung oder Lähmung des entsprechenden paarigen Organs der anderen Seite zum Verschwinden gebracht werden könnten. Dagegen findet von unserem Standpunkt aus das Verschwinden der beschriebenen Erscheinungen nach Zerstörung der Canäle oder Durchschneidung des N. acusticus

der anderen Seite eine leichte und vollständige Erklärung darin, dass dann die Quelle der normalen Erregung zu existiren aufgehört hat, welche ohne die antagonistische Erregung der zuvörderst zerstörten Canäle bestehend, zusammen mit dem Functionsausfall letzterer die Hauptursache dieser Erscheinungen ausmachte. Dagegen muss die nach doppelseitiger Acusticusdurchschneidung oder Zerstörung aller sechs Canäle nachbleibende Störung des Körpergleichgewichts, wie wir schon bemerkten, als Resultat des vollständigen Functionsausfalls der Canäle aufgefasst werden <sup>1)</sup>).

Von unserem Standpunct aus wird ebenfalls die Thatsache vollständig erklärlich, dass die Zwangsbewegungen nicht selten ziemlich lange Zeit fortdauern, jedenfalls bedeutend länger, als für das Bestehen von Reizungsbedingungen in der Operationswunde angenommen werden könnte, falls letztere überhaupt existiren sollten.

Ueberhaupt finde ich bis jetzt nicht nur keine einzige Thatsache in der Physiologie der semicirculären Canäle, welche mit unserer oben ausgeführten Auffassung der Entstehungsweise der nach der Zerstörung dieses Organs auftretenden Erscheinungen in Widerspruch stände, sondern sogar keine, die nicht aus derselben als nothwendige Schlussfolgerung entspringt <sup>2)</sup>).

Oben wurde schon eine Beobachtung angeführt, die als directe Bestätigung unserer Anschauung gelten kann. Wir sahen, dass

---

1) Die Thatsache, dass wenn im Falle doppelseitiger Durchschneidung des Acusticus zwischen beiden Operationen ein bedeutender Zeitraum verflossen ist, eine kurz andauernde Deviation der Augen, so wie Drehung des Kopfes und Rumpfes sich einstellt, erkläre ich dadurch, dass das Thier im Intervall zwischen der ersten und zweiten Operation schon einigermassen die nach der ersten Operation entstandene Motilitätsstörung auszugleichen gelernt hat, und in Folge dessen die Durchschneidung des Nerven der anderen Seite ausser allgemeinen Gleichgewichtsstörungen auch in abgeschwächtem Grade die einseitiger Acusticusdurchschneidung entsprechenden Erscheinungen hervorbringt.

2) Da die Zerstörung verschiedener Regionen der centralen grauen Substanz des 3. Ventrikels, wie auch der Olivenkörper des verlängerten Marks von analogen Erscheinungen begleitet wird und dieselben wie die semicirculären Canäle auch paarige Organe darstellen, so betrifft natürlich die oben dargestellte Anschauung mit eben solchem Recht die der Zerstörung der zwei letzteren, auch in Beziehung zur Gleichgewichtserhaltung stehenden Organe nachfolgenden Erscheinungen.

ein Thier mit einem durchschnittenen Acusticus sogar nach Zerstörung einer Grosshirnhemisphäre auf jedes unerwartete Geräusch durch eine Rollung um die Körperaxe in der Richtung nach der operirten Seite hin reagirt. Es steht ausser Zweifel, dass in diesem Fall der Einfluss des Gehörreizes nur durch Vermittlung des unversehrten N. acusticus stattfinden kann, und die einzige Erklärung, die uns hinsichtlich dieses Einflusses zu Gebote steht, besteht darin, dass der Gehörreiz auf irgend eine Weise an die Canäle der gesunden Seite gelangt und dieselben zur Thätigkeit anregt, was in Folge des Mangels der anderseitigen operirten Canäle das Symptom der Rollung um die Körperaxe hervorruft.

Noch einige Worte über die Art des Einflusses der semicirculären Canäle auf die Bewegungen des Thieres.

Viele Autoren, Goltz<sup>1)</sup> an der Spitze, waren geneigt, den semicirculären Ohrbogengängen einen unmittelbaren Einfluss auf das Gleichgewicht des Kopfes zuzuschreiben, indem sie die nach Läsion derselben auftretenden Erscheinungen als directes Resultat der Störung des Kopfgleichgewichts auffassten.

Zu Gunsten einer solchen Betrachtungsweise sprach scheinbar der Umstand, dass Bewegungen des Kopfes, wenigstens bei einem gut entwickelten Hals besitzenden Thieren, nicht selten das hervorragende Symptom der Canaldurchschneidung ausmachen.

Es gibt in der *Thatsache*, die den Beweis liefern, dass die Stellung unseres Kopfes nicht ohne Einfluss auf den Zustand unseres Körpergleichgewichts ist, wovon sich jeder aufmerksame Beobachter an sich selbst überzeugen kann. Es ist z. B. bekannt, dass wir mit geschlossenen Augen beinahe mit derselben Sicherheit wie mit geöffneten, ein früher festgestelltes Ziel erreichen können; wenigstens hinsichtlich der Richtung erweisen sich unsere Bewegungen in einem solchen Falle als fehlerfrei. Aber es genügt bei geschlossenen Augen den Kopf stark zur einen oder anderen Schulter zu neigen, oder das Gesicht gerade nach oben zu erheben, um unsere Bewegungen unsicher und schwankend werden zu lassen, und ausserdem geht dabei die Fähigkeit verloren, die Anfangs vorgenommene Richtung der Bewegung einzuhalten.

Die Versuche Longet's mit Durchschneidung der Nackenmuskeln an Thieren liefern ebenfalls einen eclatanten Beweis da-

---

1) Goltz, l. c.

für, wie wichtig der Einfluss einer festen Stellung des Kopfes auf die Erhaltung des Körpergleichgewichts ist.

Endlich ist es bekannt, dass Tauben, denen der Kopf durch Nähte in einer anormalen Lage fixirt ist, deutliche Gleichgewichtsstörungen derselben Art, wie nach Durchschneidung der semicirculären Canäle aufweisen (Goltz, Cyon).

Die angegebenen Thatsachen versuchte man durch Abhängigkeit des Körpergleichgewichts von der Lage und dem Gleichgewicht des Kopfes zu erklären, obgleich, wie es mir scheint, diese Facta bei weitem nicht von der Bedeutung sind, welche ihnen beigemessen wird. In der That bleibt es bei der angeführten Erklärung ganz unbegreiflich, warum das Thier, welches Dank dem Muskelgefühl in jedem Fall die Möglichkeit hat, die thatsächliche Lage seines Kopfes zu erkennen, unfähig ist, die Unsicherheit seiner Bewegungen auszugleichen?

Ausserdem steht der angeführten Ansicht Goltz's über die Abhängigkeit der nach Durchschneidung der Canäle auftretenden Erscheinungen von der Gleichgewichtsstörung des Kopfes die Thatsache entgegen, dass nicht selten an operirten Thieren deutliche Störungen des Körpergleichgewichts ohne die geringsten Schwingungen des Kopfes wahrzunehmen sind (Cyon). Da wir jedoch abgesehen von alledem wissen, dass beim Thier nach der Operation gleichzeitig, wie eigenthümliche Stellungen der Augen und des Kopfes, so auch verschiedener Art anormale Positionen des Rumpfes und der Extremitäten nebst Störungen des Körpergleichgewichts auftreten, so ist durchaus kein Grund vorhanden, letztere als eine Folge der ersteren Erscheinungen, und nicht als directes Resultat der Operation zu betrachten.

Auf diese Weise ist nach unserer Meinung die Behauptung, dass die semicirculären Ohrbogengänge für die Gleichgewichtserhaltung des Kopfes allein bestimmte Organe seien, unhaltbar. Wir betrachten dieselben als Organe, die zur Erhaltung des Körpergleichgewichts im Allgemeinen in Beziehung stehen.

Doch unterliegt es keinem Zweifel, dass die Organisationsweise des gegebenen Thieres einen wesentlichen Einfluss darauf besitzt, in welchen Körpertheilen die nach Zerstörung der semicirculären Canäle auftretenden Erscheinungen am stärksten ausgedrückt sind. Cyon hat auf den Umstand aufmerksam gemacht, dass nach Zerstörung der Canäle hauptsächlich diejenigen Muskel-

gruppen in Contraction gerathen, welche das gegebene Thier zu seiner Orientirung im Raume vornehmlich benutzt. So ist es bekannt, dass bei Fröschen, welche in Folge der ziemlich unbeweglichen Vereinigung des Kopfes mit dem Rumpfe zur Orientirung im Raume grösstentheils Bewegungen des ganzen Körpers ausführen müssen, nach Zerstörung der Canäle die stärksten Contractionen in den zur Fortbewegung des Körpers im Raume dienenden Muskeln auftreten. Bei Vögeln, welche zur Orientirung im Raum hauptsächlich Bewegungen ihres Kopfes benutzen, werden vornehmlich die Halsmuskeln und in nur verhältnissmässig geringerem Grade die Muskeln der Extremitäten und Augen von Contractionen und zugleich Zwangsbewegungen befallen. Bei Säugethieren endlich, wie z. B. Kaninchen, betreffen diese Contractionen hauptsächlich die Augen- und Halsmuskulatur<sup>1)</sup>; bei Hunden, wie wir sahen, auch die Muskeln der Extremitäten.

Was die Art und Weise selbst betrifft, auf welche die semicirculären Canäle ihre Function hinsichtlich der Erhaltung des Körpergleichgewichts erfüllen, so scheint mir die Hypothese Goltz's vor allen anderen darüber bestehenden Ansichten den Vorzug zu verdienen.

Nach Goltz's Meinung hängen die von den semicirculären Canälen ausgehenden Empfindungen von den Schwankungen des Druckes der Endolympe auf die ampullären Nervenendigungen in den Ampullen ab. Bei ruhiger Lage des Kopfes muss die Flüssigkeit oder Endolympe auf die Nervenendigungen in den Ampullen einen bestimmten Druck ausüben. Aber sobald der Kopf aus seiner Ruhelage gebracht wird, verändert sich in entsprechender Weise der Druck der Flüssigkeit auf die Wandungen der Canäle oder deren Ampullen, indem der Druck in denjenigen Ampullen am stärksten sein wird, welche bei gegebener Stellung des Kopfes am tiefsten stehen.

Da nun drei Paare von gegenseitig unter rechten Winkeln gestellten Canälen existiren, so ist es klar, dass jeder Stellung des Kopfes eine bestimmte Druckveränderung hauptsächlich in einem zusammengehörigen Paare entsprechen muss, — eine Veränderung, die auch den Character der ampullären Empfindungen bestimmt.

---

1) Cyon, Thèse pour le doctorat.

Die nachfolgenden Arbeiten Mach's<sup>1)</sup>, Crum-Brown's<sup>2)</sup>, Breuer's<sup>3)</sup> und Anderer beziehen sich hauptsächlich auf die ausführlichere Erörterung der Ursache und des Charakters dieser Empfindungen.

Breuer und Mach haben die Goltz'sche Theorie nur in der Hinsicht modificirt, dass sie als Moment für die Reizung der Canäle eine jede Ortsveränderung des Kopfes im Raum als begleitend vorauszusetzende Bewegung oder Bewegungsneigung der Endolymphe annahmen.

Wenn wir zugeben, dass die den erwähnten Theorieen gemäss durch Druckschwankungen der Endolymphe in den Canälen entstehenden Empfindungen einerseits als Quelle reflectorischer Uebermittlung durch das Kleinhirn auf die Bewegungsbahnen dienen, andererseits die Centren unseres Bewusstseins erreichen und uns die Möglichkeit geben, jeden Augenblick von der Lage und dem Gleichgewicht unseres Körpers Kenntniss zu nehmen, so wird der ganze Functionsmechanismus der semicirculären Canäle begreiflich.

Zur Bekräftigung der Goltz'schen Theorie dienten besonders Versuche mit Drehung des Körpers, obgleich deren Resultate auch nicht ausschliesslich auf eine Functionsstörung der Canäle allein zurückgeführt werden können<sup>4)</sup>.

---

1) Mach, Physikal. Versuche über d. Gleichgewichtssinn d. Menschen. Sitzungsber. d. k. Acad. d. Wissensch. zu Wien, Bd. 68 u. 69. Siehe auch desselben „Grundlinien der Lehre von den Bewegungsempfindungen“. Leipzig 1875.

2) Crum-Brown, Journal of Anatomie and Physiol. 1874.

3) Ueber die Function der Bogengänge des Ohrlabyrinths. Jahrbüch. d. Gesellsch. d. Aerzte zu Wien. 1874.

4) Cyon bestritt völlig die Betheiligung der semicirculären Canäle an der Entstehung der nach Drehung des Körpers eintretenden Erscheinungen aus dem Grunde, dass bei der Drehung von Kaninchen mit zuvor beiderseitig durchschnittenen Hörnerven dieselben objectiven Schwindelercheinungen wahrzunehmen sind, wie auch bei der Drehung gesunder Thiere (Thèse p. 46). Letztere Beobachtung verliert jedoch ihre Bedeutung bei Berücksichtigung des Umstandes, dass wir heutzutage von dem Bestehen anderer Organe, wie die centrale graue Substanz des 3. Ventrikels und die Olivenkörper des verlängerten Marks, Kenntniss haben, welche die Function des Körpergleichgewichts zusammen mit den semicirculären Canälen tragen und aller Wahrscheinlichkeit nach ebenso wie letztere an der Hervorbringung der Purkinjè'schen Erscheinungen sich betheiligen. Schliesslich ist es

Diese Versuche haben gezeigt, dass wir bei passiver Drehung unseres Körpers in horizontaler Ebene sogar in dem Falle, wenn alle Seh-, wie auch Tast- und Muskelempfindungen beseitigt sind und uns also keine Weisungen bezüglich unserer Lageveränderung im Raume geben können, doch noch immer im Stande sind, mit annähernder Genauigkeit nicht nur die Richtung der Drehung, sondern auch den Winkel, um welchen die Bewegung stattgefunden hat, zu bestimmen (Crum-Brown). Wenn jedoch die Drehung lange fort dauert, so nimmt allmählich die Fähigkeit, dieselbe zu percipiren, ab und geht zuletzt vollständig verloren. Wenn jetzt die Drehung plötzlich aufhört, so hat das Subject zugleich mit dem Schwindelgefühl die Empfindung, als ob sein Körper in der entgegengesetzten Richtung sich drehe.

Diese Erscheinungen wurden der oben angeführten Goltz'schen Theorie gemäss auf folgende Weise erklärt. Da alle drei Paare der Canäle zu einander in senkrechten Ebenen stehen, und da jede zwei ein Paar bildende Canäle ihre Ampullen an entgegengesetzten Enden tragen, so müssen bei jeder Lage des Kopfes die Druckschwankungen der Endolympe in den verschiedenen Canälen verschieden sein, was uns auch fähig macht, nicht nur die Richtung der Drehung, sondern auch deren Winkelgrösse zu bestimmen. Während der Drehung selbst muss die Flüssigkeit in Folge ihrer Inertion einen Druck auf die Ampullen in entgegengesetzter Richtung ausüben. Wenn aber die Drehung lange fort dauert, so gleicht sich dieser Druck allmählich aus, da die Flüssigkeit dieselbe Bewegungsgeschwindigkeit wie die Drehung erreicht; bei plötzlichem Aufhören der Drehung setzt die Flüssigkeit noch ihre Bewegung fort und bringt auf diese Weise das subjective Gefühl einer in entgegengesetzter Richtung stattfindenden Drehung hervor. Wenn man jetzt die Augen öffnet, so entsteht in Folge der mangelnden Uebereinstimmung zwischen den Gesichtsempfindungen

---

möglich, dass bei starker Drehung auch einseitige Quetschung der Kleinhirns substanz selbst von Einfluss ist (Purkinjè). Daher lässt sich weder der Antheil der semicirculären Canäle an der Function des Körpergleichgewichts nur deshalb bestreiten, weil nach ihrer Zerstörung zuletzt doch eine Restitution der Bewegungsfähigkeit erfolgt, noch eine Mitbetheiligung der Canäle an der Hervorbringung der Schwindelerscheinungen nur aus dem Grunde läugnen, dass dieselben auch im Fall einer vollständigen Trennung der Canäle vom Centralorgan sich einstellen.

und den von den semicirculären Canälen ausgehenden Eindrücken sogleich das Symptom des Schwindels, welches erst dann vergeht, wenn die Flüssigkeit wieder in den Ruhezustand zurückgekehrt ist<sup>1)</sup>).

Obgleich die dargestellte Erklärung nur den partiellen Fall der Betheiligung der semicirculären Canäle allein an der Entstehung der Schwindelerscheinungen berücksichtigt, harmonirt dieselbe trotzdem so vollständig mit dem wesentlichen Sinn der Goltz'schen Hypothese, dass sie mit Recht als eine glänzende Bestätigung letzterer gelten kann.

Es sind noch andere Thatsachen vorhanden, die zu Gunsten eines Einflusses der Endolympe auf die Erregung der Canäle sprechen. Zu dieser Art Thatsachen gehören meiner Meinung nach die schon von uns berührten Angaben bezüglich des Einflusses der Lage des Kopfes auf das Körpergleichgewicht im Allgemeinen. Wie wir sahen, erklärt Goltz diese Erscheinung dadurch, dass das Gleichgewicht unseres Körpers in unmittelbarer Abhängigkeit von der Stellung des Kopfes stehe. Doch sind schon oben Thatsachen angegeben, die einer solchen Erklärung widersprechen. Es scheint mir richtiger, den Einfluss anormaler Kopfstellungen auf das Körpergleichgewicht dadurch zu erklären, dass wir dabei unsere peripheren Organe des Körpergleichgewichts, darunter auch die semicirculären Canäle, in ungewohnte Erregungsbedingungen bringen. Worin kann aber die Erregungsänderung letzterer bei Lageveränderungen des Kopfes bestehen, wenn nicht in einer Alteration des Druckes der Endolympe in den verschiedenen Canälen?

In letzterer Zeit hat jedoch Cyon auf Grund mannigfaltiger Versuche über die Endolympe der Canäle den Einfluss letzterer auf die Erregung der Nervenendigungen bestritten. Andere Untersuchungen in dieser Richtung sind noch nicht vorhanden, obgleich der Gegenstand selbst es verdient mit aller wissenschaftlichen Genauigkeit erforscht zu werden. Eine ausführliche Erörterung der von Cyon vorgebrachten Entgegnungen gegen die Betheiligung der Endolympe an der Erregung der Nervenendigungen der Canäle würde uns zu weit nach dem theoretischen Theil des Gegenstandes führen, obgleich diese Entgegnungen unserer Mei-

---

1) Betreffs einer ausführlicheren Erörterung dieser Theorie verweisen wir den Leser auf die Originalwerke von Mach, Breuer und Crum-Brown.

nung nach nicht als thatsächliche Widerlegung der Goltz'schen Hypothese betrachtet werden können.

Anstatt letzterer stellt Cyon eine Hypothese auf, nach welcher die Erregung der Canäle durch Erschütterung der Otolithen entstehe. Doch bis jetzt ist keine einzige positive Thatsache zu Gunsten dieser Hypothese aufzuweisen, und andererseits ist es beinahe unmöglich, durch dieselbe die nach passiver Drehung des Körpers auftretenden Erscheinungen zu erklären.

So lange die erwähnten Untersuchungen Cyon's ohne weitere Bestätigung bleiben, können wir jedenfalls annehmen, dass die Goltz'sche Hypothese bezüglich der bei Bewegungen des Kopfes stattfindenden Druckschwankungen der Endolymphe einstweilen die einzige mehr weniger befriedigende Erklärung für den Einfluss der Canäle auf die Bewegungen und den Körpergleichgewichtszustand des Thieres gibt.

Ich finde es für nothwendig hier hervorzuheben, dass ich weit entfernt bin von dem Gedanken, die semicirculären Canäle als peripheres Gleichgewichtsorgan in dem Sinne zu betrachten, dass ihre Function nur in der Erhaltung des Körpergleichgewichts bestehe. Ich halte dieses Organ für einen untrennbaren Bestandtheil des Gehörapparats, nicht nur in anatomischer, sondern auch in functioneller Beziehung, und sehe in seinem Einfluss auf das Körpergleichgewicht nur eine Seite seiner Thätigkeit.

Die specielle Beziehung der semicirculären Canäle zur Perception von Gehörsempfindungen liegt ausserhalb des Planes unserer Aufgabe; aber wir wollen in Folgendem nur eine interessante Seite der Frage erörtern.

Wie oben gesagt, bringt schon die anatomische Lage der semicirculären Canäle auf den Gedanken einer nahen Beziehung derselben zur Function des peripheren Gehörapparates. Doch seitdem Flourens bewiesen hatte, dass Thiere mit zerstörten Canälen ihr Gehör bewahren, und dass andererseits das durch Zerstörung der Schnecke hervorgebrachte Wegfallen der Gehörsempfindungen von keinen Störungen des Körpergleichgewichts begleitet wird, schenkte man der functionellen Beziehung des Gehörorgans zu den semicirculären Canälen wenig Aufmerksamkeit.

Indessen können schon aus dem gewöhnlichen Leben Beispiele der Beeinflussung der Bewegungen im Allgemeinen, wie auch des Gleichgewichtszustandes, durch Gehörsempfindungen entnommen

werden. Es ist Jedem bekannt, dass wir nicht selten Gehörsempfindungen zur möglichst genauen und perfecten Ausführung complicirter Bewegungen benutzen. Regelmässige rhythmische Erregungen unseres Gehörorgans treiben uns auch zu regelmässigen rhythmischen Bewegungen an. Deshalb bietet uns die Tanzmusik nicht nur angenehme Gehörsempfindungen, sondern erleichtert wirklich die Ausführung der complicirten Bewegungen eines Tanzes. Bei den Lauten eines einen Marsch spielenden Orchesters fangen wir unwillkürlich an, unseren Gang dem Tact der Musik anzupassen, und der Trieb zum Marschiren kann in diesem Fall so stark sein, dass wir beinahe nicht im Stande sind, ihm zu widerstehen. Wenn im Gegentheil unser Gehörorgan unrythmische Empfindungen erhält, wenn z. B. zwei Orchester zwei verschiedene Stücke mit verschiedenem Tempo spielen, so werden unsere Bewegungen, besonders unser Gang, schwankend und unsicher <sup>1)</sup>).

Es ist auch bekannt, dass unter solchen Bedingungen ein wirkliches Schwindelgefühl, begleitet von Gleichgewichtsstörung, eintreten kann. Schmiedekamm theilt von sich selbst mit, dass er unter dem Einfluss des Heulens eines Sturms Schwindel, begleitet von Uebelkeit und Singen im Ohr, empfinde. Bei einigen Personen entsteht ein solcher Schwindel am leichtesten unter dem Einfluss ganz besonderer, eigenthümlicher Geräusche. Mir ist das Beispiel einer Person bekannt, welche den Laut des Gleitens eines Schlittens über den Schnee nicht ertragen konnte. Diese Person musste dem Fahren im Winter entsagen, da sie während der Schlittenfahrt jedes Mal Schwindel empfand. Eine Frau konnte aus demselben Grunde das Geräusch auf einem sandigen Wege rollender Räder nicht ertragen. Einmal entstand bei ihr unter solchen Bedingungen ein so heftiges Schwindelgefühl, dass sie mehrmals aus dem Wagen steigen musste und dabei vomirte.

Der Einfluss der Schallempfindungen auf das Körpergleichgewicht offenbart sich auch jedes Mal, wenn vor unserem Ohr plötzlich ein starkes Geräusch oder lauter Schall sich vernehmen lässt. Es ist Jedem bekannt, mit welcher Heftigkeit unser Körper in diesem Fall ganz unabhängig von unserem Willen zur Seite geschleudert wird. Dasselbe lässt sich unter ähnlichen Bedingungen

1) In die Kategorie derselben Erscheinungen gehören die unwillkürlichen Bewegungen des Kopfes und Rumpfes die an den Spielenden selbst, wie auch an aufmerksamen Zuhörern wahrnehmbar sind (Cyon).

an Thieren nachweisen. Hierbei ist es leicht, sich zu überzeugen, dass die reflectorische Bewegung des Körpers immer in der der Lage der Schallquelle entgegengesetzten Richtung stattfindet. Wenn z. B. ein unerwarteter Schall rechterseits vom Thiere erfolgt, so wird dessen Körper nach links geschleudert; bei linksseitigem Geräusch dagegen nach rechts; bei einem hinter dem Thiere entstandenen wird der Körper nach vorn geschleudert u. s. w. Es ist auch bekannt, dass ihrer Grosshirnhemisphären beraubte Thiere bei jedem plötzlichen Geräusch oder Schall auffahren.

In allen diesen Fällen kann kein Zweifel darüber bestehen, dass die Schallempfindungen dem Equilibrationscentrum (dem Kleinhirn) vermittelt der semicirculären Ohrbogengänge übertragen werden und letztere in dieser Weise auf reflectorischem Wege zu einer Ortsveränderung des Körpers im Raum beitragen oder eine thatsächliche Veränderung seiner Lage hervorbringen<sup>1)</sup>.

Der Umstand, dass das Wegfallen der Gehörsempfindungen selbst von keinen Bewegungsstörungen begleitet wird, dient unserer Meinung nach nur als Beweis, dass die semicirculären Canäle ein Organ darstellen, welches wenigstens hinsichtlich seines Einflusses auf das Körpergleichgewicht eine gewisse Selbstständigkeit besitzt, — ein Organ, welches Dank in ihm „selbstständig entstehender“ Erregungen (Druckschwankungen der Endolymphe?) seine auf das Körpergleichgewicht bezügliche Function ganz unabhängig von äusseren Einwirkungen ausüben kann. Doch die oben angeführten Beispiele beweisen, dass ausserdem auch Erregungen durch Schallempfindungen auf die Function der semicirculären Canäle Einfluss haben können.

In dieser Hinsicht sind besonders die unlängst erschienenen Untersuchungen Bonnafont's<sup>1)</sup> von Interesse; demselben gelang es, Schwindelanfälle und Störungen des Körpergleichgewichts vermittelt künstlich hergestellten Druckes auf das Trommelfell und

---

1) Laborde (Le progrès médical 1882, Nr. 25) hat in letzterer Zeit die Ansicht ausgesprochen, dass die semicirculären Canäle dazu bestimmt sind in reflectorischer Weise Bewegungen des Kopfes zur günstigeren Wahrnehmung der Schallempfindungen hervorzubringen. Es ist möglich, dass die Canäle wirklich auch in dieser Hinsicht eine Rolle spielen. Doch kann man nicht in die Meinung des Autors einstimmen, dass das nach Läsion der Canäle entstehende Schwindelgefühl von einer Störung des Gleichgewichts des Kopfes abhängt.

runde Fenster hervorzurufen. Dass die Erscheinungen letzterer Art hauptsächlich von der Uebertragung der Druckeinwirkung auf die semicirculären Canäle abhängen, steht, wie mir scheint, ausser jedem Zweifel, besonders nach den neuesten hierauf bezüglichen Versuchen von Andreas Högyes<sup>2)</sup>. Es ist auch wahrscheinlich, dass in dieser Art Versuchen, wie auch überhaupt im Fall von Gehörsempfindungen, die Uebertragung der betreffenden Einflüsse mittelst Druckschwankung der Flüssigkeit des Vorhofs, welcher in direkter Verbindung mit dem Labyrinth steht, geschieht. Der Umstand, dass die Lage der Schallquelle die Richtung der eintretenden reflectorischen Bewegung beeinflusst, führt uns zu der Annahme, dass im Gehörorgan bis jetzt noch nicht näher zu bestimmende Bedingungen vorhanden sind, Dank welchen die durch den äusseren Schallreiz hervorgerufenen Schwankungen der Vorhofsflüssigkeit einigermassen in bestimmten Canälen localisirt werden können, wovon aller Wahrscheinlichkeit nach wohl auch die Richtigkeit der reflectorischen Bewegung abhängt.

Zum Schluss halte ich es für nothwendig, die Hauptergebnisse meiner Untersuchung zu formuliren.

1) Einseitige Durchschneidung des N. acusticus bei Hunden ruft Zwangsbewegungen in der Form von Rollungen um die Längsaxe des Körpers nach der Seite der Durchschneidung hervor, mit demselben Charakter und Eigenthümlichkeiten (Ablenkung der Augen, Nystagmus, Drehung des Kopfes und Rumpfes u. s. w.) wie einseitige Zerstörung der Oliven oder Verletzung der centralen grauen Substanz im hinteren seitlichen Theil des 3. Ventrikels, oder endlich Durchtrennung eines der Kleinhirnstiele.

2) Die nach Durchschneidung des N. acusticus auftretenden zwangsweisen Rollbewegungen werden, ebenso wie in allen anderen Fällen, nur in der ersten Zeit nach der Operation ziemlich anhaltend, beinahe ununterbrochen ausgeführt, später jedoch treten sie in der Form von Paroxysmen auf, die von Ruhepausen abgelöst werden, während welcher das Thier eine Zwangslage auf der der Läsion entsprechenden Seite einnimmt. Mit der Zeit aber hören

---

1) Bonnafont, Annales des mal. de l'oreille, du larynx etc. 1882. t. VIII.

2) Andreas Högyes, Orvosi Hetilap. Nr. 1, 1862. Ref. im Centralblatt f. Nervenheilk. etc. Nr. 5, 1862.

die Rollbewegungen auf, indem sie durch Kreisbewegungen, grösstentheils nach der operirten Seite, ersetzt werden, begleitet von deutlichen Störungen des Körpergleichgewichts, die sich in beständiger Neigung des Thieres nach der Seite der Durchschneidung umzufallen, ausdrücken.

3) Alle bezeichneten Erscheinungen müssen als reflectorische betrachtet werden, da sie auch an solchen Thieren auftreten, deren Grosshirnhemisphären zerstört oder durch Narcotisation des Thieres in einen Zustand functioneller Unthätigkeit versetzt sind.

4) Es unterliegt indessen keinem Zweifel, dass das Vorhandensein und die Unversehrtheit der Grosshirnhemisphären auf die nach Durchschneidung des Acusticus (auch nach unilateraler Zerstörung der Oliven, der grauen centralen Substanz des 3. Ventrikels und der Kleinhirnstiele) auftretenden Erscheinungen einen gewissen Einfluss ausübt, indem dadurch die unwillkürlichen Bewegungsanfälle verstärkt und angeregt werden. Nur in dieser Weise lässt es sich erklären, dass die charakteristischen Bewegungen (auch der Nystagmus) operirter Thiere nach der Zerstörung der Grosshirnhemisphären bemerkbar abnehmen und nicht mehr, wie bei unversehrte Hemisphären besitzenden Thieren, von selbst, sondern nur unter dem Einfluss äusserer Reize sich abspielen.

5) Bei höheren Thieren, wie z. B. bei Hunden, genügt zur Erreichung der bezeichneten Wirkung schon eine einfache Zerstörung oder Abtragung der Stirn- oder Scheitellappen in bedeutender Ausdehnung.

6) Nach beiderseitiger Durchschneidung der Hörnerven weisen die Thiere hauptsächlich starke Störungen des Körpergleichgewichts auf, die sich in der Unfähigkeit zu gehen und zu stehen bei vollständigem Fehlen einer Lähmung der Extremitäten ausdrücken.

7) Die nach Acusticusdurchschneidung oder nach Zerstörung der Canäle auftretenden Erscheinungen stehen in unmittelbarer Abhängigkeit, wie vom Functionsausfall der operirten Canäle (resp. vom Ausfall der normalen „ampullären“ Empfindungen, die sich durch das Kleinhirn auf reflectorischem Wege den zu den Muskeln führenden Bewegungsbahnen übermitteln), so auch von der ununterbrochenen normalen Erregung der unversehrten Canäle, die gewisse Empfindungen hervorzubringen und dieselben reflectorisch auf die Bewegungsbahnen zu übertragen fortfahren. Die dadurch entstehende Disharmonie in den von den zerstörten und unver-

sehrten Canälen ausgehenden Empfindungen erreicht, wie man annehmen kann, die Bewusstseinscentra und ruft in denselben eine starke Reaktion in der Form eines Schwindelgefühls hervor, was einerseits in verstärkender Weise auf die Bewegungsstörungen wirkt, und wahrscheinlich eins der wesentlichen Momente ergibt, die die unwillkürlichen Bewegungsanfälle anregen.

8) Diese Anschauung kann auch auf die Entstehung derjenigen Bewegungsstörungen ausgedehnt werden, welche nach Verletzung eines jeden der drei uns bekannten zur Körpergleichgewichtserhaltung in Beziehung stehenden peripheren Organe — der semicirculären Canäle, der centralen grauen Substanz des 3. Ventrikels und der Olivenkörper des verlängerten Marks, wie auch nach Zerstörung des Kleinhirns und der Stiele desselben — auftreten.

9) Die Hypothese von Goltz betreffs der Druckschwankungen der Endolymphe erklärt in befriedigender Weise die Functionsausübung der Canäle als eines peripheren Organs, welches in direkter Beziehung zur Körpergleichgewichtserhaltung steht, obgleich sie noch thatsächlicher Bestätigung bedarf.

10) Die semicirculären Canäle sind Organe, die nicht nur der Gleichgewichtserhaltung des Kopfes, sondern der des ganzen Körpers dienen. Zugleich stehen sie in sehr naher functioneller Beziehung zu der Function des Gehörorgans.

11) Die Einwirkung von Schalleindrücken auf die Bewegungen und den Gleichgewichtszustand des Körpers geschieht aller Wahrscheinlichkeit nach mittelst der semicirculären Canäle.