

Die Functionen des Gehirnes / von David Ferrier.

Contributors

Ferrier, David, 1843-1928.

Obersteiner, Heinrich, 1847-1922.

Francis A. Countway Library of Medicine

Publication/Creation

Braunschweig : F. Vieweg und Sohn, 1879.

Persistent URL

<https://wellcomecollection.org/works/nbpsgpkf>

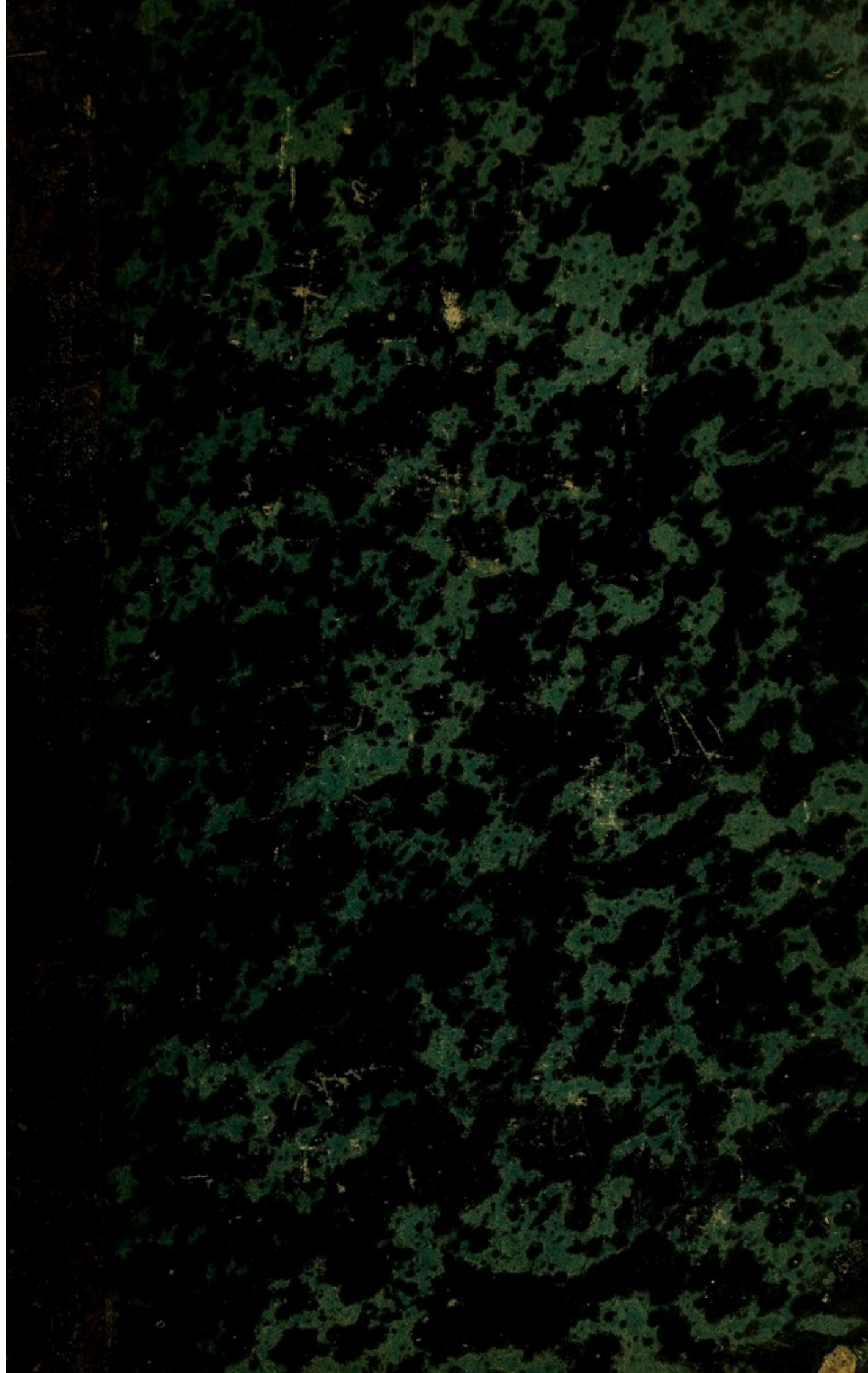
License and attribution

This material has been provided by This material has been provided by the Francis A. Countway Library of Medicine, through the Medical Heritage Library. The original may be consulted at the Francis A. Countway Library of Medicine, Harvard Medical School. where the originals may be consulted. This work has been identified as being free of known restrictions under copyright law, including all related and neighbouring rights and is being made available under the Creative Commons, Public Domain Mark.

You can copy, modify, distribute and perform the work, even for commercial purposes, without asking permission.

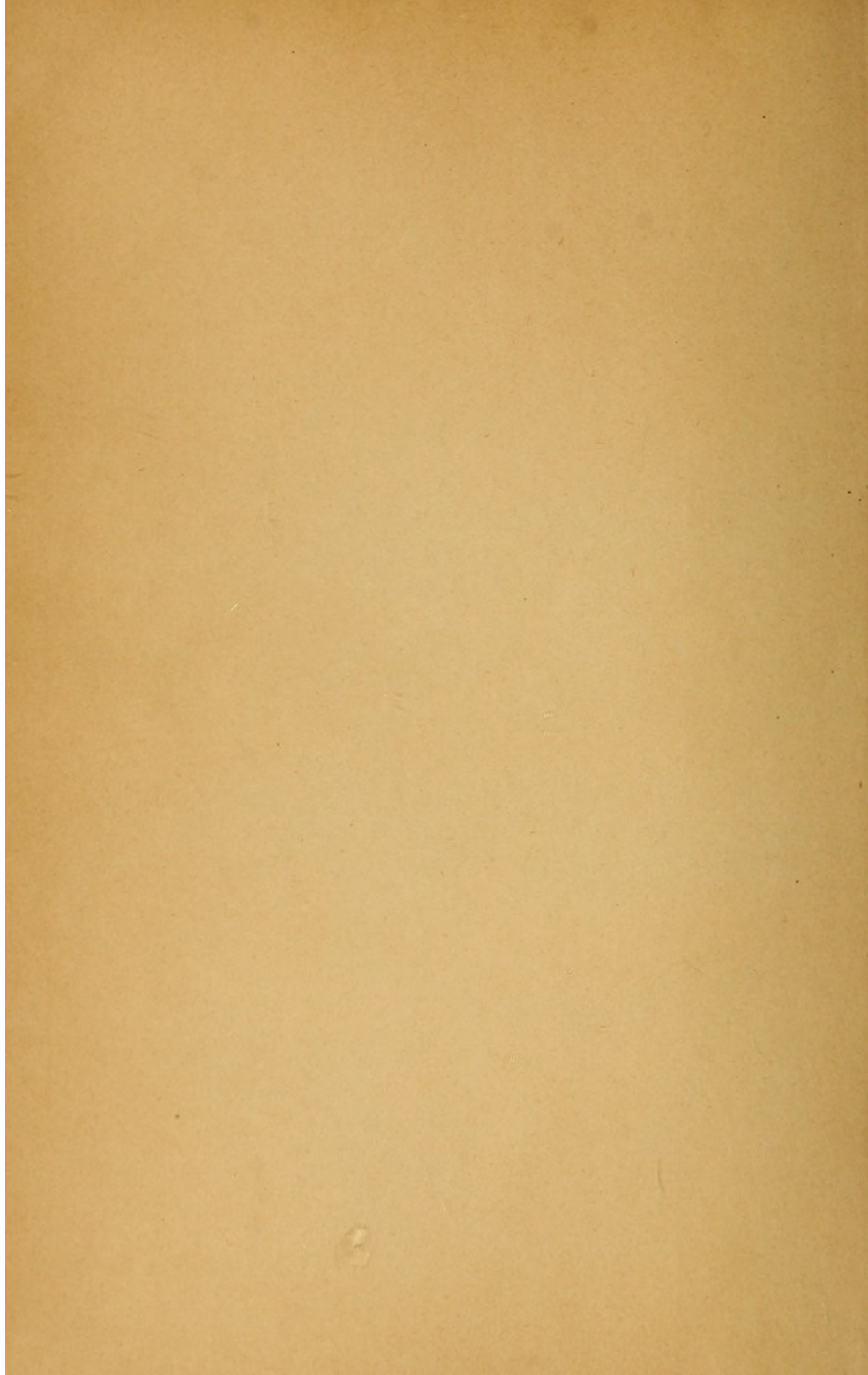


Wellcome Collection
183 Euston Road
London NW1 2BE UK
T +44 (0)20 7611 8722
E library@wellcomecollection.org
<https://wellcomecollection.org>

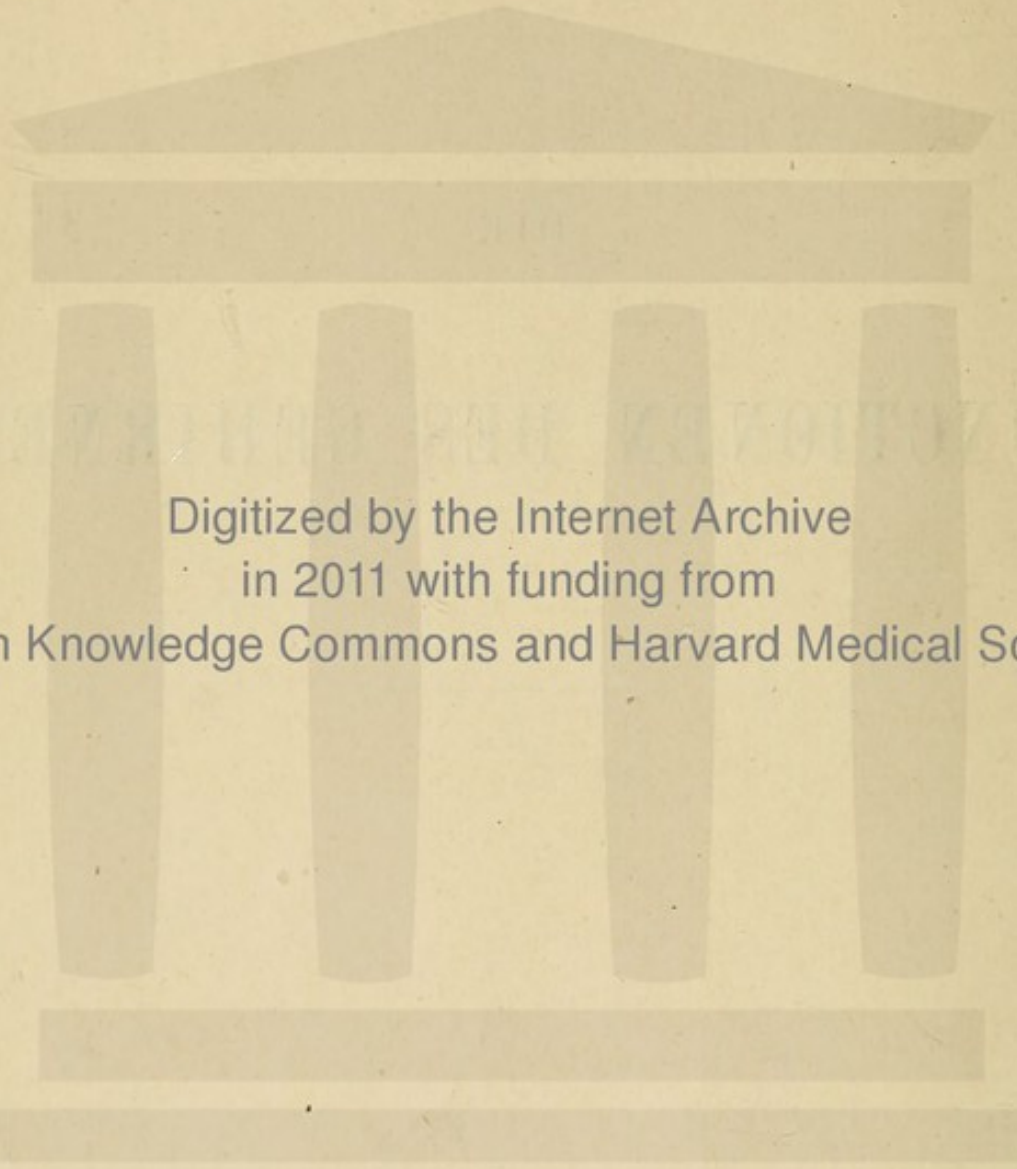


BOSTON MEDICAL LIBRARY
in the Francis A. Countway
Library of Medicine ~ *Boston*

Robert A.



DIE
FUNCTIONEN DES GEHIRNES.



Digitized by the Internet Archive
in 2011 with funding from
Open Knowledge Commons and Harvard Medical School

DIE
FUNCTIONEN DES GEHIRNES

VON

PROF. DAVID FERRIER, M. D., F. R. S.

AUTORISIRTE DEUTSCHE AUSGABE.

ÜBERSETZT

VON

DR. HEINRICH OBERSTEINER,

Privatdocent an der Wiener Universität.

MIT 68 IN DEN TEXT EINGEDRUCKTEN HOLZSTICHEN.

BRAUNSCHWEIG,
DRUCK UND VERLAG VON FRIEDRICH VIEWEG UND SOHN.

1879.

Ca. 2061

Alle Rechte vorbehalten.

VORWORT DES ÜBERSETZERS.

Die Arbeiten Ferrier's auf dem Gebiete der Gehirnphysiologie haben, trotz des von vielen Seiten gegen sie erhobenen Widerspruchs, ihren grossen Werth für das Verständniss der Gehirnfunktionen bewahrt, so dass sie es wohl verdienen, auch dem deutschen physiologischen und psychologischen Leserkreise zugänglicher gemacht zu werden.

Ich will mich darauf beschränken, kurz anzugeben, in welcher Weise sich die vorliegende deutsche Ausgabe von dem englischen, vor zwei Jahren erschienenen Originale unterscheidet, und inwiefern mir dabei eine selbstständige Arbeit zukommt.

Bei dem raschen Gange, in welchem jetzt die Wissenschaft vorwärts schreitet, ist es begreiflich, dass auch auf den Gebieten, welche in diesem Werke behandelt werden, in jüngster Zeit viele neue Arbeiten publicirt und dadurch manche nicht unwichtige Thatsachen zu Tage gefördert worden sind. Es erschien daher nothwendig, die bedeutenderen unter diesen zu erwähnen und dieselben gelegentlich auch einer eingehenderen kritischen Betrachtung zu unterziehen. Die vor Kurzem veröffentlichte Arbeit des Verfassers: „*The Goulstonian lectures on the Localisation of cerebral disease*“ (Brit. med. Journal 1878) bot reichen Stoff zur weiteren Ausführung einzelner Capitel.

Wenn ich nun die neueren Untersuchungen Ferrier's oder Anderer dem Ganzen einfügte, so habe ich es dabei immer strenge vermieden, irgendwie meiner subjectiven Ansicht, wenn sie auch

in einem oder dem anderen Punkte mit der des englischen Autors nicht übereinstimmt, Raum zu gewähren; speciell die neueren, kritischen Bemerkungen stammen vollständig aus Ferrier's Feder. Neben den nicht unbeträchtlichen Vermehrungen habe ich mir — immer mit Approbation des Autors — erlaubt, an manchen Stellen, die mir zu weitläufig schienen, Kürzungen anzubringen, die aber, stets unwesentlicher Natur, sich meist nur auf einzelne Sätze erstrecken. Ich möchte nur noch daran erinnern, dass Ferrier, wie er dies in der nachstehenden Vorrede andeutet, allerdings den rein experimentellen Theil dieses Werkes hauptsächlich für den Physiologen, mit Einschluss des Neuropathologen, bestimmt hat, dass er aber in den meisten übrigen Capiteln auch auf ein psychologisches Publicum Rücksicht genommen hat.

Wien, October 1878.

VORWORT DES VERFASSERS

ZUR

ENGLISCHEN AUSGABE.

Die Aufgabe, welche ich mir hauptsächlich in diesem Buche gestellt habe, bestand darin, denjenigen, die sich mit physiologischen und psychologischen Studien befassen, eine systematische Darstellung der Ergebnisse meiner eigenen Versuche über die Gehirnfunktionen vorzulegen. Um dieser Aufgabe genügend nachkommen zu können, schien es mir geboten, auch in die Betrachtung der Leistungen des Cerebrospinal-Systemes im Allgemeinen einzugehen und dabei mein Hauptaugenmerk auf die Wechselverhältnisse zwischen den höheren und niederen Nervencentren zu richten. Dabei habe ich es fortwährend vorgezogen, eine gedrängte, klare Uebersicht statt einer encyclopädischen Schilderung jener zahlreichen, verschiedenen Untersuchungen zu geben, durch welche wir unsere Kenntnisse vom Gehirne und dem Rückenmarke erworben haben.

London, October 1876.

INHALT.

	Seite
Einleitung	XIII

Erstes Capitel.

Bau des Gehirnes und Rückenmarkes.

Rückenmarksnerven. Leitungsbahnen im Rückenmarke und im verlängerten Marke. Brücke. Hirnschenkel. Basalganglien. Grosshirn. Kleinhirn. Vierhügel. Gehirnnerven	1
--	---

Zweites Capitel.

Die Reflexfunctionen des Rückenmarkes.

Einfachste Reflexbewegungen. Reflexhemmung. Zweckmässigkeit und Gesetze der Reflexbewegungen. Automatische Thätigkeit des Rückenmarkes	18
--	----

Drittes Capitel.

Leistungen des verlängerten Markes.

Articulationscentrum. Respirationscentrum. Herzcentrum. Vasomotorisches Centrum	27
---	----

Viertes Capitel.

Functionen des Mittelhirnes und des Kleinhirnes im Allgemeinen.

Abtragung der Grosshirnhemisphären bei Fröschen, Fischen, Tauben, Kaninchen. Mangel spontaner Leistungen und des Bewusstseins. Empfindung und Wahrnehmung. Besondere Leistungen des Mittelhirnes und Kleinhirnes: I. Erhaltung des Gleichgewichtes. Einfluss tactiler Sinneseindrücke, Muskelsinn, Einfluss der Gesichtseindrücke, Einfluss der durch das Ohrlabyrinth zugeführten Eindrücke, Bedeutung der Bogengänge. II. Coordination der Bewegungen. III. Ausdruck der Gemüthsbewegungen	37
--	----

Fünftes Capitel.

Seite

Functionen der <i>Lobi optici</i> oder <i>Corpora quadrigemina</i> .	
Beziehung der <i>Lobi optici</i> zu den Augen. Verletzung der Vierhügel.	
Störung des Gleichgewichtes. Reizung der Vierhügel	79

Sechstes Capitel.

Functionen des Kleinhirnes.

Verletzung des Kleinhirnes. Erkrankungen des Kleinhirnes. Coordination der Ortsbewegungen. Gleichgewichtsstörungen. Rollbewegungen. Elektrische Reizung des Kleinhirnes an Affen, Kaninchen, Hunden, Katzen, Tauben, Fischen. Galvanisation des Kleinhirnes am Menschen. Hemiplegie, Sehstörungen bei Kleinhirnerkrankungen. Beziehung des Kleinhirnes zu den Geschlechtsfunctionen	95
---	----

Siebentes Capitel.

Functionen des Grosshirnes.

Einleitung. Methode der Untersuchung. Localisation. Reizbarkeit des Grosshirnes. Vergleichung des galvanischen und des faradischen Stromes. Vorthelle des letzteren. Rindencentren	135
--	-----

Achstes Capitel.

Erscheinungen der elektrischen Grosshirnreizung.

Versuche an Affen, Hunden, Schakalen, Kaninchen, Meerschweinchen, Ratten, Tauben, Fröschen, Fischen. Reizung der Basalganglien, Streifenhügel und Sehhügel	152
--	-----

Neuntes Capitel.

Die Grosshirnhemisphären in ihrer physiologischen Bedeutung.

- 1) Die sensorischen Centren: Der *Gyrus angularis*, das Sehcentrum, Sehnervenkreuzung. Die obere Schläfenwindung, das Hörcentrum. Die Ammonshornregion, das Fühlcentrum, cerebrale Hemianästhesie. Der *Gyrus uncinatus*, das Riech- und Schmeckcentrum. Die Hinterhauptlappen, Centren für die organischen Wahrnehmungen. Centren des Geschlechtstriebes. Ansicht von Munk.
- 2) Die motorischen Centren. Dauer der Lähmung bei den verschiedenen Thierclassen. Wiederherstellung der Function. Ansicht von Schiff, Nothnagel, Hitzig. Muskelsinn und Kraftsinn. Ausdruck der Aufmerksamkeit.
- 3) Die vordere Frontalregion. Ansicht von Brown-Séguard, Goltz, Munk

178

Zehntes Capitel.

Seite

Die Functionen der Basalganglien.

Bedeutung der Streifenhügel, der Sehhügel. Erkrankungen der Sehhügel. Versuche von Nothnagel. Unterschied der motorischen Centren in der Hirnrinde und im Streifenhügel	265
---	-----

Elftes Capitel.

Die psychischen Functionen des Grosshirnes.

Das Grosshirn als einfaches und als doppeltes Organ. Reproduction der Vorstellungen. Gefühle, Triebe, Willkürbewegungen, Bewegungsvorstellungen. Association der Vorstellungen. Articulationscentren. Aphasie. Schreiben. Hemmung der Bewegungen. Motive der Actionen. Aufmerksamkeit. Hemmungscentren . .	285
--	-----

Zwölftes Capitel.

Schematischer Ueberblick.

Rückenmark. Verlängertes Mark. Mittelhirn. Kleinhirn. Basalganglien. Grosshirn	326
--	-----

Dreizehntes Capitel.

Topographische Verhältnisse des Schädels und der Hirnwindungen.

Bartholow's Versuche am Menschen. Homologien des menschlichen Gehirnes mit dem des Affen. Beziehungen der Hirnwindungen zum Schädel	332
Alphabetisches Inhaltsverzeichniss	349

Report of the

The Board of Directors of the
The Board of Directors of the
The Board of Directors of the
The Board of Directors of the

Annual Report

The Board of Directors of the
The Board of Directors of the
The Board of Directors of the
The Board of Directors of the

Financial Statement

The Board of Directors of the
The Board of Directors of the
The Board of Directors of the
The Board of Directors of the

Summary of Operations

The Board of Directors of the
The Board of Directors of the
The Board of Directors of the
The Board of Directors of the

Recommendations of the Board

The Board of Directors of the
The Board of Directors of the
The Board of Directors of the
The Board of Directors of the

Conclusion

The Board of Directors of the
The Board of Directors of the
The Board of Directors of the
The Board of Directors of the

EINLEITUNG.

Es gibt kaum einen Zweig der Physiologie von grösserer Bedeutung und allgemeinerem Interesse, als die Lehre von den Functionen des Gehirnes, und nur an wenigen Organen dürfte die Experimentaluntersuchung derartig schwierigen und verwickelten Bedingungen begegnen. Wer immer die Resultate, welche sich aus den Untersuchungen zahlreicher Forscher auf diesem Gebiete ergeben, aufmerksam studirt, muss überrascht werden durch den Mangel an Uebereinstimmung, ja durch die directen Widersprüche, welche sich zwischen Schlüssen aus offenbar den nämlichen Experimenten unter den nämlichen Bedingungen, aber bei verschiedenen Experimentatoren, ergeben. Wenn wir andererseits die scheinbar feststehenden Thatfachen, aus Versuchen am Gehirne niederer Thiere gewonnen, mit den Erfahrungen der klinischen Beobachtung und der pathologischen Anatomie am Menschen vergleichen, so finden sich häufig derartige Widersprüche, dass Mancher dadurch zu der Ansicht gedrängt werden kann, die physiologische Untersuchung am Thiere sei nur wenig geeignet, die Functionen des menschlichen Gehirnes verständlich zu machen. Alle diese Widersprüche werden aber weniger unerklärlich, wenn wir die Untersuchungsmethoden und die Versuchsobjecte selbst in Betracht ziehen.

Bis in die jüngste Zeit hinein bestand die von den meisten Forschern befolgte Methode hauptsächlich darin, die Erscheinungen zu beobachten, welche nach Zerstörung der verschiedenen Theile des Gehirnes, durch verschiedenartige Mittel, auftreten.

Die vorbereitenden Operationen, welche nöthig sind, um das Gehirn selbst für das Experiment zugänglich zu machen, sind meist sehr bedeutend, ferner erscheinen die einzelnen Theile dieses

Organes, wenn auch anatomisch von einander trennbar, doch so innig mit einander verknüpft und functionell verbunden, dass sie gleichsam ein einziges, complicirtes Ganzes darstellen — Umstände, welche die Annahme begreiflich machen, dass durch eine grössere oder geringere Verletzung irgend eines Gehirntheles eine solche allgemeine Störung in der Thätigkeit des Gesamtorganes hervorgerufen wird, welche es zum wenigsten im hohen Grade schwierig machen muss, die beobachteten Symptome direct ausschliesslich auf die Läsion zu beziehen. Ausserdem werden aber die Verhältnisse auch complicirt durch den verschiedenen Grad der Ausbildung, welchen das Gehirn vom einfachsten Reflexmechanismus bis zu den höchsten Bewusstseinscentren darbieten kann, und durch die wechselnde Unterordnung oder Unabhängigkeit zwischen niederen und höheren Centren, je nachdem wir in der Thierreihe auf- oder niedersteigen. Die directe Uebertragung der an Fröschen, Tauben oder Kaninchen gewonnenen Versuchsergebnisse auf das menschliche Gehirn, ohne die gehörige Einschränkung, wird dadurch im hohen Grade unsicher und zweifelhaft; oder sie kann uns auch zu Schlüssen führen, welche sich im vollsten Widerspruche mit den feststehenden klinischen und pathologischen Erfahrungen befinden. Trotz dieser Schwierigkeiten und Widersprüche, von denen sich viele bei eingehender Betrachtung nur als anscheinend und nicht als wirklich bestehend herausstellen, sind es einzig und allein die Thierversuche, welche uns, unter passenden Bedingungen ausgeführt, die der Experimentator nach Belieben ändern und auswählen kann, präzise Thatsachen zu correcten Schlüssen über die Leistung des Gehirnes und seiner Theile zu liefern vermögen. Denn jene Experimente, welche die Natur — in den Krankheiten des Nervensystemes — für uns anstellt, bleiben selten localisirt oder frei von Complicationen, so dass ihre Analyse und die Erkenntniss von Ursache und Wirkung äusserst schwierig, in manchen Fällen sogar vollständig unmöglich werden.

Die Auffindung neuer Untersuchungsmethoden eröffnet uns ein weites Feld für unsere Forschungen und führt zur Erkenntniss neuer Thatsachen. So hat die Entdeckung der elektrischen Erregbarkeit der Grosshirnrinde durch Fritsch und Hitzig einen neuen Anstoss zu Untersuchungen über die Gehirnfunktionen gegeben und über manche bisher dunkle Punkte der Physiologie

und Pathologie des Gehirnes Klarheit verbreitet. Allein es bleibt uns noch sehr viel zu thun übrig. Wir stehen erst an der Schwelle der Untersuchungen, und es muss gefragt werden, ob denn jetzt bereits der Zeitpunkt gekommen ist, um den Mechanismus des Gehirnes und seine Functionen zu erklären. Manchem mag dieser Zeitpunkt noch so entfernt wie je erscheinen; allein es ist ja immerhin nützlich, von Zeit zu Zeit Rückschau zu halten, dasjenige, was wir uns bis jetzt an Kenntnissen erworben haben, in ein System zu bringen, und zwar, wenn aus keiner anderen Ursache, so doch wenigstens deshalb, um zu zeigen, wie viel zu thun, zu erforschen noch übrig ist.

Erstes Capitel.

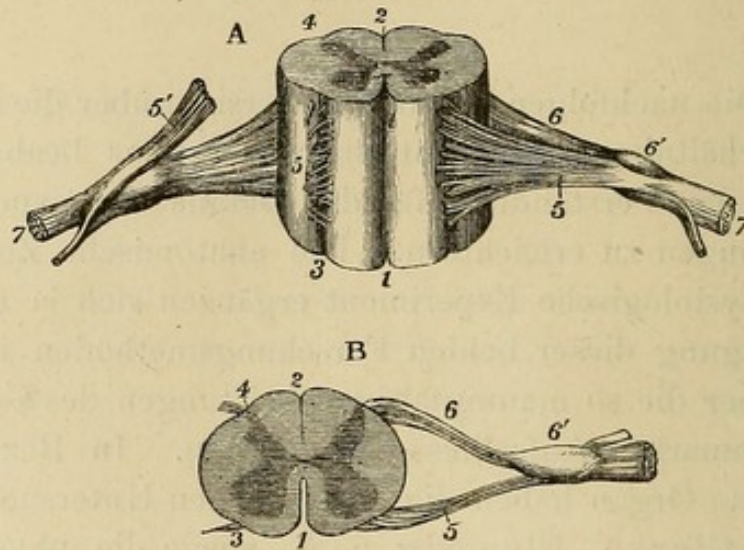
Bau des Gehirnes und Rückenmarkes.

§. 1. Die nachfolgende kurze Uebersicht über die allgemeinen Structurverhältnisse des Centralnervensystems beabsichtigt zunächst nur das Verständniss für die Details der experimentellen Untersuchungen zu erleichtern. Die anatomische Zergliederung und das physiologische Experiment ergänzen sich ja gegenseitig; die Vereinigung dieser beiden Forschungsmethoden ist unerlässlich, um über die so mannigfaltigen Leistungen des Gehirnes und des Rückenmarkes Aufschluss zu erhalten. In Bezug auf das letztgenannte Organ haben die anatomischen Untersuchungen von Lockhart-Clarke, Flechsig u. A., sowie die physiologischen Versuche von Brown-Séquard, Schiff u. s. w. mehr Aufschluss verschafft, als dies für das Gehirn der Fall ist. — Der anatomischen Erkenntniss des Gehirnbauers stellen sich bedeutend grössere Hindernisse entgegen, als dies beim Rückenmarke der Fall ist, und obwohl in der letzten Zeit, namentlich durch Meynert, die Structur des Gehirnes eingehenden Studien unterzogen wurde, so sind doch die Schwierigkeiten, die Bahnen zu verfolgen, die Verbindungen, welche zwischen den einzelnen Theilen dieses Organes bestehen, festzustellen, so bedeutend, dass die Resultate nur mit der grössten Vorsicht aufgenommen werden dürfen und so lange als zweifelhaft gelten müssen, bis sie nicht durch That-sachen der Physiologie oder Pathologie Bestätigung gefunden haben. — Ich werde mich daher im Nachfolgenden auf solche That-sachen beschränken, die genügend sichergestellt scheinen, ohne mich in feinere Details und in Streitfragen einzulassen.

§. 2. Das Gehirn steht mit der Peripherie durch 31 spinale und durch 12 cerebrale Nervenpaare in Verbindung. Diese Nerven, diese Verbindungsstränge, lassen sich nach ihrer Leistung in zwei Hauptabtheilungen trennen. Den ersten obliegt es, Eindrücke von der Peripherie zum Rückenmark und zum Gehirn zu befördern; sie werden demnach *Nervi afferentes*, centripetalleitende Nerven, genannt; die anderen hingegen leiten die vom Gehirn und vom Rückenmark ausgehenden Impulse gegen die Peripherie, *Nervi efferentes*, centrifugalleitende Nerven.

Die Spinalnerven sind mit dem Rückenmark durch je zwei Wurzeln verbunden (Fig. 1), von denen die eine, die centrifugal-

Fig. 1.



Rückenmark (nach Quain).

A. Die Vorderfläche des Rückenmarkes. Die vordere Wurzel rechterseits ist abgeschnitten. B. Querschnitt des Rückenmarkes.

1. Vordere Medianspalte. 2. Hintere Medianspalte. 3. Vordere laterale Depression, über welche sich die Vorderwurzeln ausbreiten. 4. Hintere laterale Rinne, in welche sich die hinteren Wurzeln einsenken.

Der Vorderstrang reicht von 1 bis 3, der Seitenstrang von 3 bis 4, und der Hinterstrang von 4 bis 2.

5. Die vordere Wurzel. 5' in A. Die abgeschnittene vordere Wurzel.

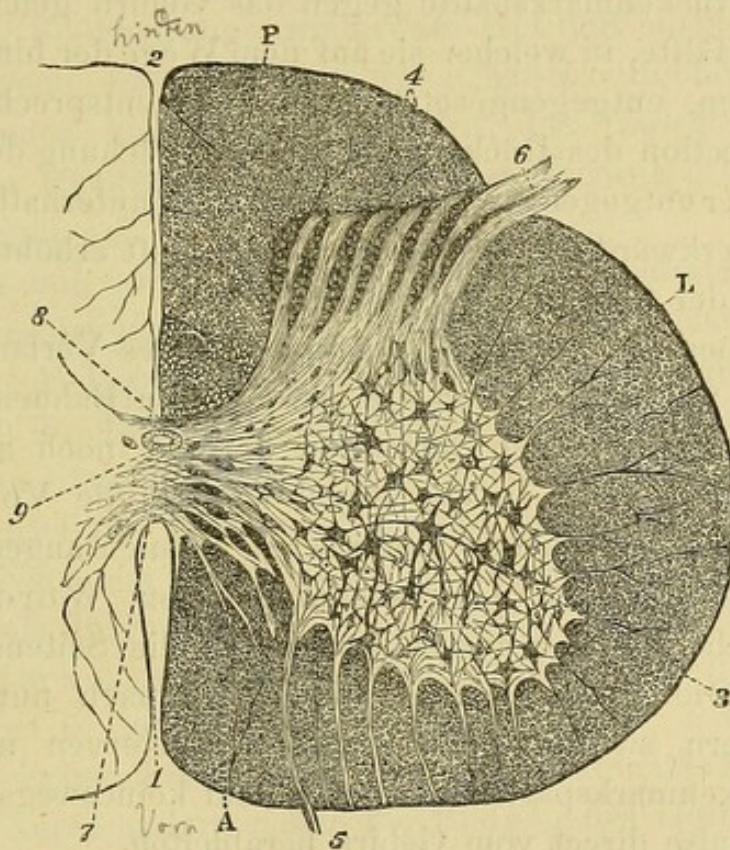
6. Die hintere Wurzel, deren Fasern in das Ganglion 6' eintreten. 7. Der vereinigte, gemischte Nerv.

leitende oder motorische (5) von der vorderen Fläche des Rückenmarkes entspringt, während sich die zweite Wurzel, die für die centripetalen Leitungen bestimmte, die sensorische (6), in die hintere Rückenmarksfläche einsenkt. Nachdem beide Wurzeln eine kurze Zeit lang frei verlaufen sind und die hintere Wurzel durch ein Ganglion (6') unterbrochen ist, vereinigen sich beide

zu einem gemeinsamen Stamm (7, Fig. 1), der also einen gemischten Nerv, aus motorischen und sensorischen Fasern bestehend, darstellt. — Der periphere Nerv vertheilt sich schliesslich, unter fortwährender Spaltung, in den betreffenden empfindenden und beweglichen Organen der Peripherie, wobei jede Nervenfasern während des ganzen Verlaufs ihre Selbstständigkeit bewahrt.

Das Rückenmark selbst besteht aus der grauen Centralmasse und den aussen gelegenen, aus weisser Substanz zusammengesetzten, Strängen. Die graue Substanz hat die Form zweier, mit der convexen Seite einander zugekehrter und daselbst durch Commissuren verbundener Halbmonde (7, 8, Fig. 2). — Im Centrum

Fig. 2.



Querschnitt durch das Rückenmark in der Lendengegend; vergrössert.

A. Vorderstrang. L. Seitenstrang. P. Hinterstrang. 1. Vordere Fissur. 2. Hintere Längsfissur. 3. Vorderhorn mit multipolaren Zellen. 4. Hinterhorn (*substantia gelatinosa*). 5. Die vorderen Wurzeln der Spinalnerven. 6. Die hinteren Wurzeln. 7. Vordere Commissur. 8. Hintere Commissur. 9. Centralcanal, mit Epithelium ausgekleidet.

der grauen Masse erscheint der Centralcanal (9, Fig. 2); die Hörner der Halbmonde stehen in Verbindung mit den vorderen resp. hinteren Wurzeln der Spinalnerven.

Die Zellen der Vorderhörner (3, Fig. 2) sind gross, multipolar, die der Hinterhörner klein, zum Theil der sogenannten *Substantia gelatinosa* angehörend. Die weissen Rückenmarksstränge bilden auf jeder Rückenmarkshälfte je drei getrennte Abtheilungen, den Vorder-, Seiten- und Hinterstrang.

§. 3. Die motorischen Leitungsbahnen des Rückenmarkes verlaufen grösstentheils auf derselben Seite, auf welcher die dazu gehörige vordere Wurzel entspringt; halbseitige Durchschneidung des Rückenmarkes wird daher auch hauptsächlich auf der Seite des Schnittes die Beweglichkeit der weiter abwärts gelegenen Muskeln lähmen.

Hingegen werden die sensorischen Eindrücke vornehmlich durch jene Rückenmarkshälfte gegen das Gehirn geleitet, welche derjenigen Hälfte, in welcher sie auf dem Wege der hinteren Wurzeln eintraten, entgegengesetzt ist. — Dementsprechend erfolgt nach Hemisection des Rückenmarkes Abschwächung der Empfindlichkeit an der entgegengesetzten Körperhälfte unterhalb des Schnittes, und merkwürdiger Weise gleichzeitig oft erhöhte Empfindlichkeit auf der Seite des Schnittes.

Was aber die genauere Bestimmung des Verlaufes betrifft, welchen die motorischen und die sensorischen Bahnen durch das Rückenmark nehmen, so herrschen darüber noch auseinandergehende Meinungen. In der Regel werden die Vorder-Seitenstränge als die eigentlichen motorischen Bahnen angesehen, doch haben die sorgfältigen Untersuchungen von Woroschiloff¹⁾ die motorische Leitung ausschliesslich auf die Seitenstränge beschränkt. Die Vorderstränge würden demnach nur aus Commissurenfasern zwischen den motorischen Nerven und benachbarten Rückenmarkspartien bestehen und keineswegs die motorischen Impulse direct vom Gehirn herableiten.

Die bedeutendsten Meinungsverschiedenheiten betreffen aber den Verlauf der intraspinalen sensorischen Bahnen.

Schiff, Vulpian u. a. schreiben der grauen Centralmasse die Fähigkeit zu, auch bei Abwesenheit aller weissen Rückenmarksstränge, sensorische Eindrücke zu leiten, so lange sie nicht an einer Stelle gänzlich unterbrochen ist.

¹⁾ Woroschiloff: Der Verlauf der motorischen und sensiblen Bahnen durch das Lendenmark des Kaninchens. (Aus d. physiol. Institute von Ludwig zu Leipzig. Ber. d. kön. Ges. d. Wiss. zu Leipzig. 1874.)

Schiff wollte zwischen den Leitungsbahnen für einfach tactile und für Schmerzeindrücke einen Unterschied aufstellen. Die ersten verlegte er mit Sander-Ezn in die Hinterstränge, die letzteren in die graue Centralmasse. Woroschiloff lässt aber die sensorischen Bahnen, gemeinsam mit den motorischen und mit ihnen physiologisch untrennbar vermischt, in den Seitensträngen verlaufen. Die Hinterstränge sind für ihn, ähnlich wie die vorderen, bloss Commissuren, zwischen den hinteren Wurzeln und den naheliegenden Theilen des Rückenmarkes, ohne aber sogenannte lange Bahnen, welche die sensorischen Eindrücke zum Gehirn zu leiten bestimmt wären, zu enthalten. Seine Untersuchungen bestätigen auch, was bereits von anderen Experimentatoren ausgesprochen wurde, dass nämlich nach Zerstörung selbst eines beträchtlichen Theiles der Seitenstränge weder die Motilität noch die Sensibilität in irgend einem Körpertheil gänzlich aufgehoben wird; es wäre demnach hieraus zu schliessen, dass zwischen einzelnen Theilen des Rückenmarkes ein gewisses Vicariiren in ihrer Leistung möglich sei.

Wenn nun auch bereits viele wichtige Resultate von Rückenmarksdurchschneidungen übereinstimmen, so müssen doch erst noch zahlreiche Beobachtungen und Experimente angestellt werden, bis wir mit Recht aussprechen dürfen, dass die motorischen und sensorischen Bahnen des Rückenmarkes genau erkannt, dass die verschiedenartigen Ansichten versöhnt sind.

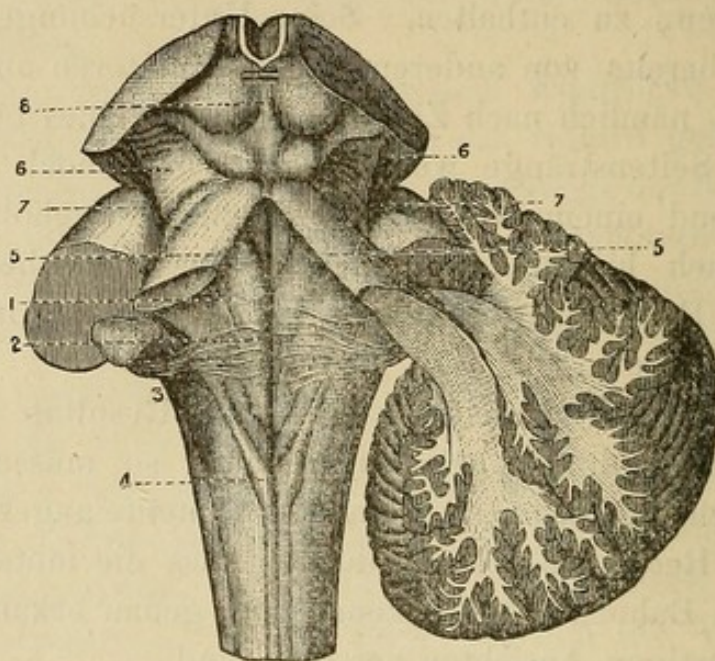
§. 4. Nachdem das Rückenmark durch das *foramen magnum* des Schädels durchgetreten ist, verbreitert es sich zum verlängerten Marke, zur *medulla oblongata*; zugleich öffnet sich der Centralcanal in den vierten Ventrikel (Fig. 3). Die motorischen und sensorischen Leitungsbündel des Rückenmarkes ermöglichen durch ihr Auseinanderweichen die Bildung des vierten Ventrikels, theilweise werden sie ausserdem auch durch die Entwicklung accessorischer Ganglien und durch das Auftreten von Strängen, welche vom Kleinhirne kommen, aus ihrer relativen Lage gerückt.

In Folge dieser Umstände wird es immer schwieriger, die einzelnen Stränge des Rückenmarkes in ihrem weiteren Verlaufe gegen das Gehirn hin zu verfolgen. Wir wollen daher einstweilen von diesen neu auftauchenden Centren, sowie von den Kleinhirnverbindungen gänzlich absehen und uns nur bemühen, die motorischen und sensorischen Bahnen weiter zu verfolgen.

Am unteren Ende der *medulla oblongata* beginnen die motorischen Bahnen an der Vorderseite dieses Organes über die Mittellinie zu treten, sich zu kreuzen, und stellen dadurch die sogenannte *decussatio pyramidum*, die Pyramidenkreuzung dar (d, Fig. 4).

An dieser Stelle gelangen also die centrifugalen Impulse, welche von der einen Hemisphäre des Grosshirnes ausgehen, in die entgegengesetzte Rückenmarkshälfte. Wenn diese Kreuzung

Fig. 3.

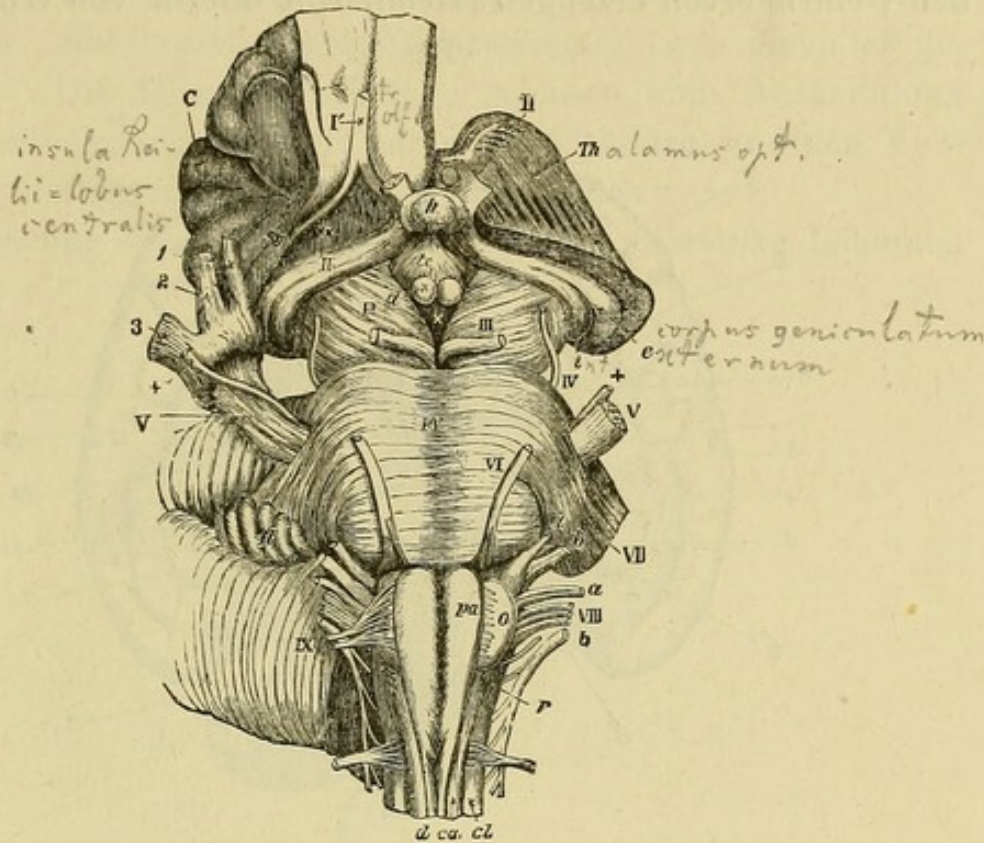


Der vierte Ventrikel, durch Theilung des Kleinhirnes freigelegt (Sappey). Auf der linken Seite sind die Kleinhirnarne kurz abgeschnitten; rechts ist nur der Brückenarm abgeschnitten, während der obere und der untere Kleinhirnarne in ihrer Verbindung belassen sind. 1. Medianfurche des vierten Ventrikels, beiderseits von den runden Strängen (*funiculi teretes*) begrenzt. 2. Acusticuswurzeln. 3. Unterer Kleinhirnarne (*corpus restiforme*) 4. Hintere Pyramiden oder zarter Strang (*funiculus gracilis*). 5. Oberer Kleinhirnarne (*processus cerebelli ad cerebrum*). 6. Die Schleife. 7. Hirnschenkelfuss. 8. Vierhügel.

beim Menschen auch vollständig zu sein scheint, so ist dies bei den niedrigeren Säugethieren, wie schon aus den Versuchen von Philipeaux und Vulpian hervorgeht, nicht der Fall. Halbseitige Durchschneidung der Medulla oberhalb der Pyramidenkreuzung müsste bei vollständiger Kreuzung Bewegungslähmung und Anästhesie an der entgegengesetzten Körperhälfte nach sich ziehen.

Die gegen das Gehirn aufsteigenden Stränge der *medulla oblongata* werden weiter oben von der Brücke, *pons Varoli* (P V. Fig. 4) bedeckt, und gehen hier Verbindungen mit den grauen Massen in der Brücke und mit den von den Kleinhirnhemisphären

Fig. 4.



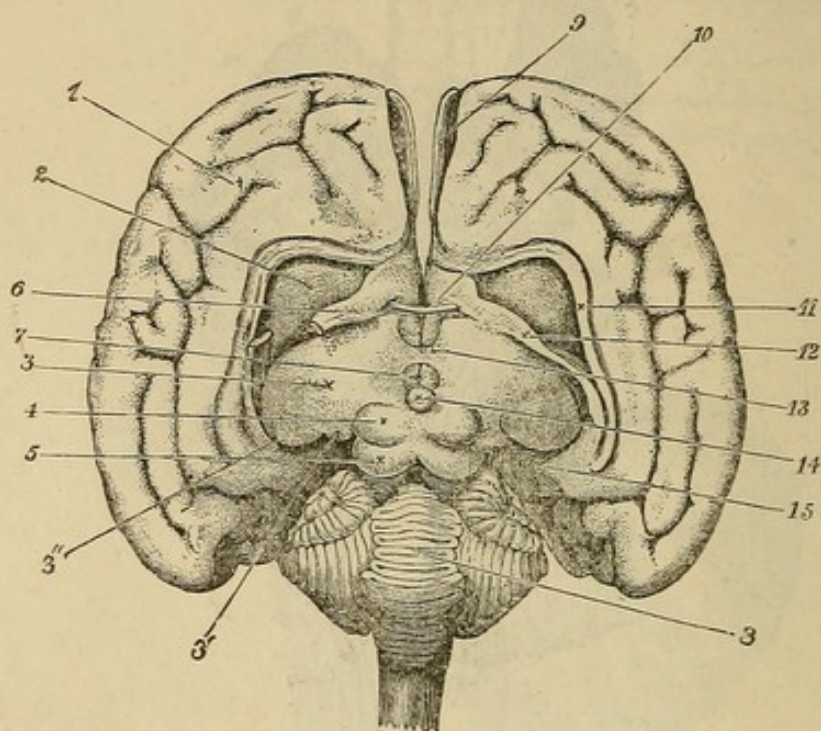
Vordere Ansicht der *medulla oblongata*, der Brücke und des mittleren Theiles der Gehirnbasis (nach Quain).

Rechts sind die Windungen der *Insula Reilii* (*Lobus centralis*) erhalten, links ist ein Schnitt zwischen Sehhügel und Grosshirnhemisphären gelegt. I'. *Tractus olfactorius* kurz abgeschnitten. II. Linker *Nervus opticus* vor dem *Chiasma*. II'. Rechter *Tractus opticus*. Th. Die Schnittfläche des *Thalamus opticus*. c. *Insula Reilii*. Sy. Die sylvische Furche. xx. *Substantia perforata anterior*. e *Corpus geniculatum externum*. i. *Corpus geniculatum internum*. h. *Hypophysis* (*glandula pituitaria*). tc. *Tuber cinereum* und *Infundibulum*. a. *Corpus mamillare*. P. Grosshirnschenkel. III. Linker *Nervus oculomotorius*. x. *Substantia perforata posterior*. PV. *Pons Varoli*. V. Grosse *Trigeminuswurzel*. + Kleine, motorische *Trigeminuswurzel*, links dem *Ganglion Gasseri* anliegend, von welchem die drei Aeste des *Nervus Trigeminus* 1. 2. 3. abgehen. VI. *Nervus abducens*. VIIa. *Nervus facialis*. VIIb. *Nervus acusticus*. VIII. *Nervus vagus* VIIIa. *Nervus glossopharyngeus*. VIIIb. *Nervus accessorius*. IX. *Nervus hypoglossus*. fl. *flocculus cerebelli*. pa. Vordere Pyramide. o. Olivenkörper. r. *Corpus restiforme*. d. Die vordere Medianspalte der Medulla mit der Pyramidenkreuzung. ca. Vorderstrang. cl. Seitenstrang.

kommenden transversalen Faserbündeln ein. Die Wurzeln mehrerer, in dieser Gegend der *medulla oblongata* entspringender Gehirnnerven durchsetzen die zum Gehirn aufsteigenden Längs-

bündel. Die Kreuzung der verschiedenen sensorischen und motorischen Rückenmarksbahnen ist in der Brückengegend eine vollständige geworden. Halbseitige Verletzungen werden demnach gekreuzte Lähmung und Anästhesie, zugleich aber auch gleichseitige Lähmung der an der betreffenden Stelle entspringenden Gehirnnerven erzeugen (*Hémiplégie alterne* von Gubler).

Fig. 5.



Das Gehirn des Hundes. Der Balken ist der Länge nach durchschnitten und die beiden Hemisphären seitlich umgeschlagen, um die Ventrikel und die Centralganglien zu zeigen.

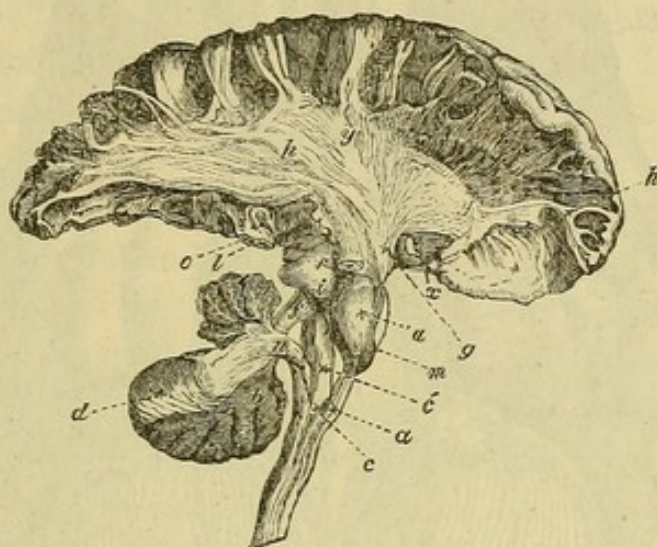
1. Medianfläche der linken Hemisphäre. 2. *Corpus striatum*. 3. *Thalamus opticus*. 4. Vorderes Vierhügelpaar. 5. Hinteres Vierhügelpaar. 6. Absteigende Fornixsäule, links getheilt, rechts (12.) ungetheilt. 7. Mittlerer Ventrikel, die Sehhügel sind auseinandergezogen. 8. Obere Fläche des Kleinhirnes. 9. *Bulbus olfactorius* (*Rhinencephalon*). 10. Vordere Commissur. 11. *Corpus callosum*. 13. Die mittlere, weiche Commissur. 14. Zirbeldrüse über der hinteren Commissur. 15. Absteigendes Horn des Seitenventrikels.

Jenseits der Brücke erscheinen die Längsbahnen abermals oberflächlich, verstärkt durch innerhalb der Brücke dazu gekommene Fasern, als die Schenkel des grossen Gehirnes, *crura, pedunculi cerebri* (P. Fig. 4). In ihrem Verlaufe nach aufwärts divergiren sie ein wenig und lassen an ihrer Oberfläche den *nervus oculomotorius* (III. Fig. 4) entspringen. Hinter den Hirnschenkeln und vor dem Kleinhirne liegen mehrere gangliöse Massen, die *corpora quadrigemina*, Vierhügel, auch *lobi optici* ge-

nannt (8, Fig. 3). In den Hirnschenkeln besteht eine scharfe Trennung zwischen den sensorischen und den motorischen Bahnen. Die unteren resp. vorderen Stränge (Hirnschenkelfuss, *pes pedunculi*, *crusta g*, Fig. 6) sind motorisch; die oberen resp. hinteren aber sind sensorisch (Hirnschenkelhaube, *tegmentum*, *r*, Fig. 6). Beide sind durch eine Lage dunkelpigmentirter Ganglienzellen (*Substantia nigra Soemmeringii*) von einander getrennt. — Die Hirnschenkelhaube schliesst eine Ansammlung von Nervenzellen ein, welche mit dem Kleinhirn und den Vierhügeln in Verbindung steht, den rothen Kern.

Zerstörung eines Hirnschenkels bewirkt gekreuzte Lähmung

Fig. 6.



Die Verbindungen der Stränge des Rückenmarkes und der *medulla oblongata* mit dem Gross- und Kleinhirn (Mayo).

- a.* Vordere Pyramide, *a'* ihre Fortsetzung durch die Brücke *m*. *c.* Olive.
c' Olivenstrang. *d.* Kleinhirnmarm. *f.* Oberer Kleinhirnmarm. *g.* Hirnschenkelfuss.
h. *y. y.* Stabkranz. *i.* Schleife. *l.* Hinteres Ende (*Pulvinar*) des Sehhügels.
m. Brücke. *n.* Unterer Kleinhirnmarm. *o.* Schnitt durch das Ammonshorn.
r. Haube.

und Anästhesie des Körpers, sowie gleichseitige Oculomotorius-Lähmung.

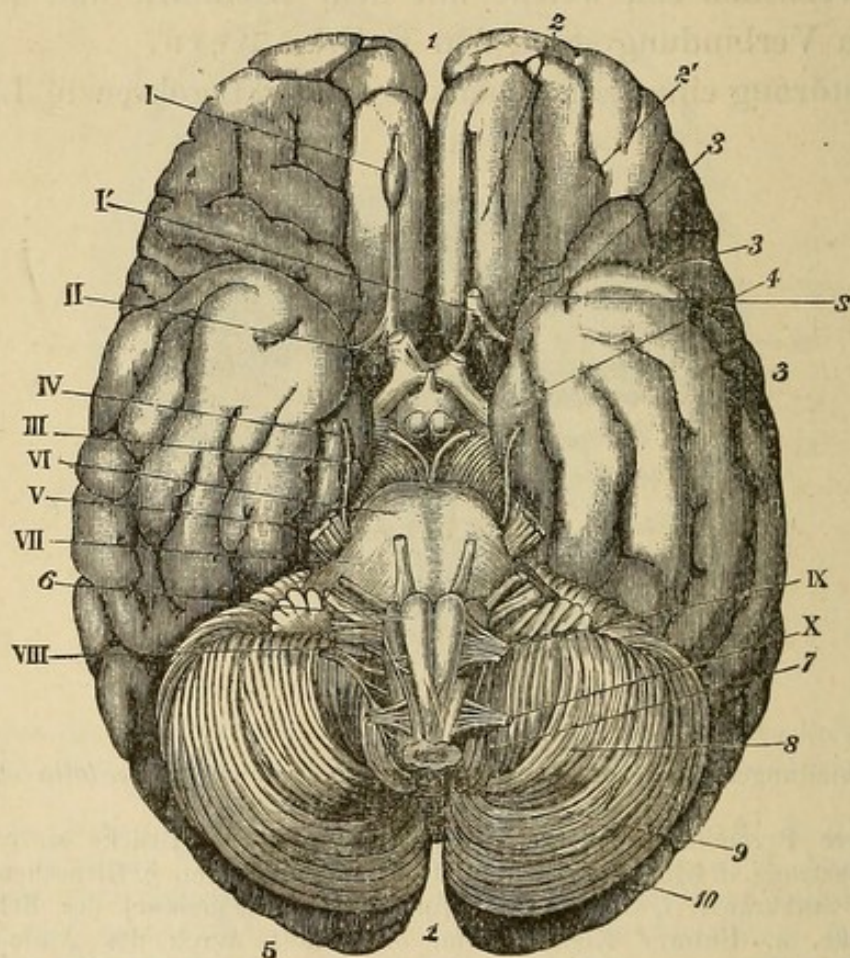
Die Hirnschenkel strahlen auf jeder Seite in zwei grosse, an der Basis des Grosshirnes gelegene, von den Hemisphären eingeschlossene Ganglien ein. Das hintere dieser Basalganglien wird *Thalamus opticus*, Sehhügel, das vordere *corpus striatum*, Streifenhügel¹⁾ genannt. Während der grösste Theil der sensorischen

¹⁾ In der deutschen Terminologie pflegt man unter Streifenhügel (*corpus striatum*) bloss eine, zum grossen Theil frei in den Seitenventrikel hinein-

Bahnen sich in den Sehhügeln verliert, senken sich die motorischen Bündel in die Streifenhügel ein. Anatomisch gehören demnach sensorische Bahnen, Hirnschenkelhaube und Sehhügel zusammen, sowie andererseits motorische Bündel, Hirnschenkelhuss und Streifenhügel.

§. 5. Aus diesen, die Leitungsbahnen unterbrechenden Ganglien strahlen weisse Faserbündel radienförmig, gewissermassen

Fig. 7.



Die Gehirnbasis.

1. Obere Medianspalte. 2. Furche für den abgeschnittenen linken *Tractus olfactorius*. 2'. Orbitalfläche des Stirnlappens. 3. 3. 3. Sylvische Spalte. 4. *Gyrus hippocampi*. s. *Subiculum cornu Ammonis*. 5. Hinterhauptslappen. 6. Vordere Pyramide. 7. Mandel des Kleinhirnes. 8. Zweibäuchiger Lappen. 9. Zarter Lappen. 10. Hinterer unterer Lappen. Die römischen Zahlen I—IX bedeuten die entsprechenden Gehirnnerven. X. Erster Spinalnerv.

ragende, graue Masse zu verstehen, und davon unter eigener Benennung den nirgends frei zu Tage tretenden Linsenkern (*nucleus lentiformis*) zu unterscheiden. — Obwohl für diese beiden Ganglien zusammen häufig auch der Name *corpus strio-lenticulare* gebraucht wird, so wollen wir doch im weiteren Verlaufe den kürzeren Ausdruck Streifenhügel im Sinne des englischen Autors (also Streifenhügel + Linsenkern) auffassen. O.

einen Kegel bildend, aus, und stellen dadurch den Stabkranz (*corona radiata* h. y. y, Fig. 6) dar. Auf diese Weise ist die graue Rindensubstanz der Hemisphären mit der Peripherie durch die im Vorhergehenden vom Rückenmark an verfolgten motorischen und sensorischen Bahnen in Verbindung gebracht.

Meynert, Broadbent, Luys u. a. haben der Beziehung der einzelnen Faserbündel zu den verschiedenen Regionen der Hirnrinde besondere Aufmerksamkeit geschenkt; doch verdienen in diesen Fragen die physiologischen Experimente mehr Vertrauen, als die auf anatomischem Wege angestellten Versuche, den Verlauf der einzelnen Bündel zu verfolgen.

Jede Grosshirnhemisphäre stellt gleichsam eine hohle Schale dar, welche die Basalganglien umgiebt und einschliesst, und an deren Innenwand sich die von den Basalganglien in allen Richtungen ausstrahlenden Stabkranzfasern einsenken. Die beiden Hemisphären werden vermittelt eines aus transversalen Commissurenfasern bestehenden beträchtlichen Organes, des Balkens, *corpus callosum* (11, Fig. 5) mit einander verbunden; man bringt den Balken zur Anschauung, wenn man die beiden Hemisphären in der Mittellinie auseinanderzieht. — Dieses System von Commissurenfasern ist dazu bestimmt, correspondirende Regionen beider Hemisphären mit einander zu verbinden. — Der Balken muss in der Mittellinie durchschnitten werden, um das Innere der Hemisphären und die Basalganglien von oben her darzulegen (Fig. 5).

Die Form jeder Hemisphäre ist annähernd die eines unregelmässigen Dreiecks; ihre äussere convexe Oberfläche beschreibt eine Bogenlinie, die, von der frontalen, vorderen Spitze der Hemisphäre beginnend, sich erst nach rückwärts, dann nach abwärts und schliesslich nach vorwärts und etwas nach innen wendet, um an dem abgerundeten Vorsprung des Schläfelappens (s, Fig. 7) zu enden.

Die Hirnrinde besteht aus wechselnden Lagen von Nervenzellen und Fasern, die an verschiedenen Stellen derselben eine wechselnde Anordnung zeigen. Die umstehende Figur (Fig. 8) stellt das mikroskopische Bild eines Schnittes durch die Rinde des Stirnlappens dar. — Am Gehirn der meisten Nager und der niederen Wirbelthiere (Fig. 11, 12, 13, 14) bildet die Hirnrinde einen glatten Ueberzug des Gehirnes; bei den höheren Säugethieren hingegen ist die Oberfläche des Gehirnes in Falten (Win-

Fig. 8.



Schnitt durch die Rinde der dritten Frontalwindung des Grosshirnes (Meynert). Vergr. 100.
 1. Lage zerstreuter Rindenzellen. 2. Lage der gedrängten, kleinen Pyramidenzellen. 3. L. der gross. Pyramidenkörper (Ammonshornformation). 4. L. unregelmässiger, gedrängt stehender Rindenzellen (Körnerformation). 5. L. spindelförmiger Rindenzellen, Vormauerformation.
 m. Markleiste.

dungen) gelegt, welche durch primäre und secundäre Furchen (*Sulci*) von bestimmter Richtung und Beziehung zu einander, wie bald genauer besprochen werden soll, getrennt sind. Die Höhle im Inneren der Hemisphären stellt einen Bogen dar, ähnlich wie diese selbst; an ihrem inneren Saume, wo sie sich um den Hirnschenkel herumschlägt, erscheint die Hirnrinde in eigenthümlicher Weise gefaltet, und giebt dadurch Veranlassung zu einer in die Hirnhöhle vorragenden Windung. Diese durch manche Besonderheiten ausgezeichnete Windung wird grosser Seepferdefuss, Ammonshorn, *pes hippocampi major* genannt. Beim Menschen und beim Affen findet sich eine ähnliche, aber kleinere Hervorragung in die Höhle des Occipitallappens, der kleine Seepferdefuss, *pes hippocampi minor*.

Die einzelnen Theile des Gehirnes sind durch longitudinale und transversale Commissurensysteme miteinander verbunden.

Der Balken ist, wie wir gesehen haben, eine grosse transversale Commissur zwischen correspondirenden Regionen der Hirnrinde beider Hemisphären.

Unter dem Balken sieht man auf jeder Seite ein Faserbündel, welches vom Ammonshorn aufsteigt und mit dem der anderen Seite convergirt, hierauf gegen die Basis sich wendend vor dem Sehhügel herabsteigt, um in diesen, nachdem es in dem *corpus mamillare* oder *albicans* (a, Fig. 4) eine Art Schlinge gebildet hat, auszustrahlen. Dieses System von Fasern, welches bestimmt ist, das Ammonshorn mit dem Sehhügel zu verbinden, heisst das Gewölbe, *fornix*, mit seinen Schenkeln (6 und 12, Fig. 5). Durch die Streifenhügel an den vorderen, absteigenden Gewölbsschenkeln vorbei verläuft ein transversales Bündel,

die vordere Commissur (10, Fig. 5) bestimmt, die vorderen Theile beider Temporo-Sphenoidallappen zu verbinden; ein Theil der Fasern der vorderen Commissur bildet eine Schlinge, durch welche die beiderseitigen *bulbi* und *tractus olfactorii* (9, Fig. 5) miteinander zusammenhängen — ein Verhältniss, welches übrigens nur bei Thieren mit mächtig entwickeltem Geruchsorgan deutlich erkannt werden kann.

Auch die *thalami optici* hängen miteinander zusammen, und zwar durch die mittlere oder weiche Commissur (13, Fig. 5), und durch die hintere Commissur über welcher sich die Zirbeldrüse, *glandula pinealis*, befindet (14, Fig. 5).

Ausserdem sind aber die einzelnen Regionen der Hirnrinde noch durch ein System von „Associationsfasern“ untereinander verkettet, welche ein anatomisches Substrat für die associirte Thätigkeit verschiedener Hirnrindenpartien bilden.

§. 6. Das Kleinhirn, oberhalb der *medulla oblongata* und der Brücke, hinter den Vierhügeln gelegen, wird durch seine Arme mit den eben genannten Hirnthteilen verbunden.

Die Form des Kleinhirnes variirt bei den verschiedenen Thieren (vgl. Fig. 16 bis 25); es zerfällt mehr oder minder deutlich in einen Mittellappen und in die beiden Seitenlappen; die letztgenannten zeigen in den einzelnen Thierklassen eine sehr wechselnde Entwicklung. — Die Oberfläche des Kleinhirnes hat einen lamellosen Bau, sodass auf dem Querschnitte (Fig. 3) die einzelnen Aeste und Blättchen mit grauer Rinde überzogen erscheinen, als sogenannter Lebensbaum (*arbor vitae*).

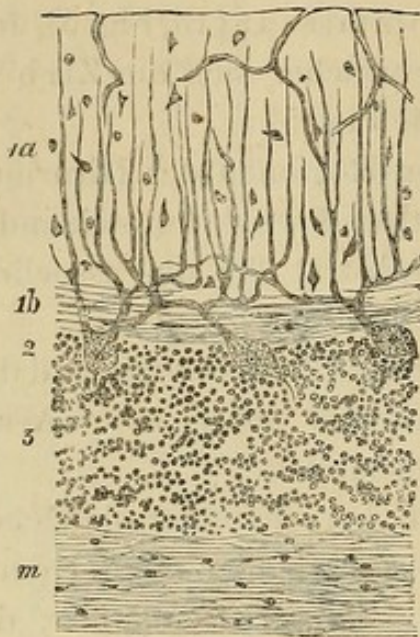
Die mikroskopische Anordnung der die Kleinhirnrinde constituirenden Elemente ist in Fig. 9 wiedergegeben.

Das Innere, das Mark des Kleinhirnes, besteht aus den Fasern, welche durch die verschiedenen Kleinhirnschenkel einstrahlen, untermischt mit Commissurenfasern zwischen einzelnen Theilen der Kleinhirnrinde; ausserdem findet sich noch auf jeder Seite eine eigenthümliche Anhäufung von Nervenzellen, die *corpora dentata*, welche in directer Beziehung zu den vorderen Kleinhirnschenkeln stehen. In jüngster Zeit ist das Kleinhirn durch B. Stilling zum Gegenstand besonders ausgedehnter, eingehender Untersuchungen gemacht worden.

Mit dem verlängerten Marke steht das Kleinhirn durch seine unteren (hinteren) Schenkel, auch *corpora restiformia*, Strick-

körper genannt (3, Fig. 3, n, Fig. 6) in Verbindung. Diese sind vorzüglich in die Hinterstränge des Rückenmarkes zu verfolgen, und zwar durch Vermittelung zweier ovaler, an der Aussenfläche des verlängerten Markes hervortretender Ganglien — der Oliven. Aus Meynert's Untersuchungen scheint hervorzugehen, dass diese Verbindung hauptsächlich in gekreuzter Weise statt hat, dass der rechte untere Kleinhirnschenkel mit dem linken Hinter-

Fig. 9.



Schnitt durch die Kleinhirnrinde (Meynert). 1a. Aeusserer Theil der rein grauen Schichte. 1b. Innerer Theil der rein grauen Schichte mit Spindelzellen und horizontalen Fasern. 2. Die Lage der Purkinje'schen Zellen. 3. Rostbraune oder Körnerschichte. m. Markleiste.

stränge und umgekehrt zusammenhängt. Weniger sichergestellt ist es, ob das Kleinhirn durch seine unteren Schenkel auch mit den motorischen Rückenmarkstheilen verbunden ist; doch sind von Manchen Fasern beschrieben worden, die vom Kleinhirn zu den Vorderseitensträngen verlaufen.

Die mittleren Kleinhirnschenkel (Fig. 4) bilden die Hauptmasse der Brücke. Die Entwicklung dieser Schenkel hält gleichen Schritt mit der Ausbildung der Kleinhirnseitenlappen. Sie kreuzen sich in der Mittellinie und treten dadurch mit den für die entgegengesetzte Grosshirnhemisphäre bestimmten Strängen in Verbindung. Auf diese Weise ist die rechte Hälfte des Kleinhirnes in functionellem Zusammenhange mit

der linken Grosshirnhemisphäre, und es besteht demnach ein gekreuztes Verhältniss zwischen den Hemisphären des Gross- und Kleinhirnes.

Die Grosshirnschenkel, welche wir bereits besprochen haben, enthalten ausser den vom Rückenmarke heraufsteigenden Längsbahnen auch noch Faserbündel, welche den Kleinhirnstielen angehören, und ferner solche aus den grauen Massen des Pons. Mit den höheren Centren ist das Kleinhirn schliesslich durch die an seiner vorderen Fläche austretenden oberen (vorderen) Schenkel verbunden. Diese letzteren, *processus cerebelli ad cerebrum* (5, Fig. 3) verschwinden convergirend unter dem hinteren Ende

der Vierhügel, und kreuzen sich in den rothen Kernen der Haube (der sensorischen Hirnschenkelabtheilung). — Ihre weitere Bestimmung ist zweifelhaft; nach Meynert sollen sie einen Theil der motorischen Abtheilung des Stabkranzes bilden. — Auch mit den Vierhügeln ist das Kleinhirn verbunden und zwar durch eine dünne Platte, welche zwischen den vorderen Schenkeln, dem vorderen Ende des Kleinhirnwurmes und den hinteren Vierhügeln ausgespannt ist. In der menschlichen Anatomie wird diese membranöse Platte vorderes Marksegel, *valvula Vieussenii* genannt; bei den niederen Wirbelthieren, wie z. B. den Fischen, ist sie bedeutend mehr entwickelt und stellt die directe Verbindung zwischen Kleinhirn und *lobus opticus* dar.

§. 7. Die Vierhügel, *corpus quadrigeminum*, die im Gehirn der Säugethiere vier Erhebungen (*nates* und *testes* 4 und 5, Fig. 5) bilden, entsprechen dem *corpus bigeminum*, den *lobis opticus* (B, Fig. 11 bis 13) bei den niederen Wirbelthieren; letztgenannter Name rührt von dem Umstande her, dass der *Tractus opticus* von ihrer Oberfläche seinen Ursprung nimmt.

Diese Ganglien hängen sowohl mit den motorischen, als mit den sensorischen Bahnen und Centren zusammen. Mit den motorischen Vordersträngen des Rückenmarkes stehen sie auf jeder Seite durch Faserbündel in Verbindung, welche, bei der Pyramidenkreuzung sich hervordrängend und die Oliven umfassend, nach aufwärts ziehen, mit anderen Longitudinalbündeln die Brücke durchsetzen, und endlich am unteren und seitlichen Theile der Vierhügel eintreten. Nachdem diese Faserbündel die graue Substanz der Vierhügel durchsetzt haben, kreuzen sie sich, und bilden das Dach des *Aquaeductus Silvii*, jenes Canals, welcher die Ventrikel des Grosshirnes mit dem vierten Ventrikel und dadurch auch mit dem Centralcanal des Rückenmarkes verbindet.

Auch mit der Haube und den Sehhügeln stehen die Vierhügel in anatomischer Verbindung.

Von der Oberfläche der *lobi optici* bei den niederen Thieren, bei Säugethiern hauptsächlich von der Oberfläche der vorderen Vierhügel, entspringt der *Tractus opticus*. Dieser schlingt sich um den Hirnschenkel herum (II' Fig. 4), erreicht an der Basis des Gehirnes die Mittellinie und bildet, mit dem Tractus der anderen Seite sich kreuzend, das *chiasma nervi optici*. Bei den niederen Thieren ist die Kreuzung eine vollständige; beim Menschen hingegen

ist sie nach der Ansicht Vieler nur eine theilweise. Davon wird später noch einmal die Rede sein.

Die Riechnerven, das erste Paar der Gehirnnerven, entspringen aus dem *bulbus olfactorius*, welcher nahe dem frontalen Ende der Orbitalfläche des Grosshirnes zu sehen ist (I, Fig. 7) und mit dem Gehirne durch einen Stiel, den *tractus olfactorius* (I', Fig. 4 und 7) zusammenhängt.

Tractus und *bulbus olfactorius* sind gleichsam eine Fortsetzung der Hemisphäre, — ein Verhältniss, welches vorübergehend am embryonalen Gehirne, dauernd am Gehirne mancher niederer Vertebraten (z. B. Frosch, Schildkröte) deutlich zu erkennen ist. — Bei diesen erscheint das Rhinencephalon (Owen) als eine directe Verlängerung der Hemisphäre nach vorn und enthält eine mit den Grosshirnventrikeln communicirende Höhle. Bei den höheren Wirbelthieren obliterirt diese Höhle mehr oder weniger, und das Rhinencephalon wandelt seine Form in die des *bulbus* und *tractus olfactorius* um. Des letzteren Verbindungen mit dem Grosshirn bilden die Wurzeln des Riechtractus. Die äussere von diesen kann über die sogenannte *substantia perforata anterior* hinüber (XX, Fig. 4) bis an das vordere Ende des Temporo-Sphenoidallappens verfolgt werden. Obwohl dieses Verhältniss ebensogut für das Gehirn des Menschen und der Affen gilt, wie für das von Säugethieren mit stark entwickeltem Geruchsorgan, so ist es doch bei letzteren, z. B. beim Kaninchen, Fig. 14, beim Hund, Fig. 32, o deutlicher erkennbar. Die innere Wurzel erreicht den medialen Rand der Hemisphäre gerade vor dem *chiasma nervi optici*. Der weitere Verlauf dieser Wurzel ist aber noch nicht vollkommen klar dargelegt, obwohl Meynert dieselbe bis nach dem Streifenhügel verfolgte, wo sie sich dann mit jener der anderen Seite in der vorderen Commissur kreuzen würde; ausserdem haben wir gesehen, dass diese Commissur gerade jene Theile der Hemisphären miteinander verbindet, in welche sich die äussere Wurzel verliert.

Das zweite Gehirnnervenpaar, der *nervus opticus*, wurde bereits zum Theil beschrieben. In seinem Verlaufe an dem hinteren Rande des Sehhügels verbindet sich der Sehnerv mit zwei Ganglien, dem äusseren und dem inneren Kniehöcker, *corpus geniculatum externum* und *internum* (e, i, Fig. 4).

Das dritte und das vierte Gehirnnervenpaar, *nervus oculo-motorius* und *nervus trochlearis*, entspringen beide aus Zellen-

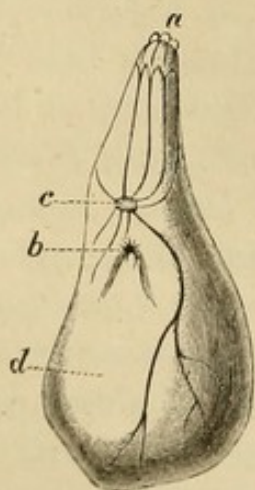
gruppen, Nervenkerneln, in der Vierhügelgegend. Die anderen Gehirnnerven (Fig. 4): der fünfte (*n. trigeminus*), der sechste (*n. abducens*), der siebente (*n. facialis*), der achte (*n. acusticus*) der neunte (*n. glossopharyngeus*), der zehnte (*n. vagus*), der elfte (*n. accessorius*), der zwölfte (*n. hypoglossus*), lassen sich alle zu Kernen verfolgen, die fast ausschliesslich in der *medulla oblongata* liegen; daselbst bestehen auch anatomische Verbindungen zwischen jenen Nerven, die functionell miteinander zusammenhängen, sowie mit gewissen Faserzügen, die gegen das Gross- oder das Kleinhirn aufsteigen.

Zweites Capitel.

Die Reflexfunctionen des Rückenmarkes.

§. 8. Das Rückenmark vermittelt nicht bloss die Verbindung zwischen dem Gehirne und einem Theile der Peripherie, es kommen ihm ausserdem noch gewisse Functionen eines selbstständigen Nervencentrums zu, die für das Verständniss der Hirnfunctionen von grosser Bedeutung sind. Jene selbstständigen Leistungen des Rückenmarkes finden wir in ihrer grössten Einfachheit im Mechanismus des gesammten Nervenapparates bei manchen wirbellosen Thieren ausgedrückt. Bei den Ascidien, jenem Urtypus der Vertebraten, besteht der Nervenapparat aus einem centralen Ganglion

Fig. 10.



Nervensystem der Ascidie (Carpenter). *a.* Mund. *b.* After. *c.* Ganglion. *d.* Muskelsack.

(Fig. 10, *c*), das mit der Peripherie vermittelt zweier Systeme von Nervenfasern verbunden ist. Das eine vertheilt sich in einem Theile der Körperoberfläche und nimmt die äusseren Reize auf, um die Erregung nach dem Centrum fortzupflanzen (*a*), das andere System innervirt die Muskelfasern, durch deren Contraction die Leibeshöhle (*d*) verkleinert wird. Während also durch jene Nervenfasern die Erregung zum Centrum fortgeleitet wird, bewirkt ein Impuls, der in den letztgenannten centrifugalen Bahnen vom Centrum aus gesendet wird, Muskelcontraction. Eine solche combinirte, centripetale und centrifugale Leistung heisst Reflexaction, von jener Reflexion, welche die centripetale Erregung gewissermassen im Centralorgan, nach der Peripherie zurück, erleidet.

Das Rückenmark der Wirbelthiere kann nun in einer Beziehung als complicirteres Beispiel eines dem vorhin beschriebenen im Wesentlichen gleichen Mechanismus angesehen werden; man kann sich dasselbe vorstellen als aus 31 zusammenhängenden Segmenten bestehend, von denen jedes mit seinen zugehörigen Nervenpaaren eine bilaterale Wiederholung des Centralganglions der Ascidie mit seinen zu- und ableitenden Nerven darstellt.

Wenn wir den Körper eines Frosches transversal auseinander schneiden, so kann die hintere Hälfte eine beträchtliche Zeit hindurch ihre Lebensfähigkeit erhalten und dabei Thätigkeiten äussern, welche sich mit denen der Ascidie vergleichen lassen. Wird nun ein Fuss gereizt, so gerathen die Muskeln des zugehörigen Beines in Action, und dies trifft zu, solange die graue Substanz des Rückenmarkes an der betreffenden Stelle intact und ihr Zusammenhang mit der Peripherie nicht aufgehoben ist. Der Eindruck wird von der empfindenden Körperoberfläche nach dem Rückenmark fortgeleitet und löst daselbst einen Impuls aus, welcher längs der centrifugalen Bahnen gegen die Peripherie hinwirkend, die Contraction der Muskeln erzeugt. Wir haben darin das Beispiel einer reinen Reflexaction des Rückenmarkes, wie diese zuerst von Prochaska richtig erkannt und dann von Marshall Hall genauer studirt wurden. Auch bei Warmblütern kann eine ähnliche Reflexcontraction nach Durchschneidung des Rückenmarkes erzeugt werden, sobald auf erregbare Theile hinter dem Schnitte ein Reiz einwirkt. Mitunter wird auch beim Menschen durch verschiedene pathologische Zustände ein ähnlicher Zustand geschaffen. Wenn durch einen äusseren Insult oder durch irgend eine Erkrankung das Rückenmark an einer Stelle in seiner Continuität unterbrochen wird, so erfolgt Lähmung in der willkürlich-motorischen, wie in der sensorischen Sphäre an allen Körpertheilen, welche ihre Nerven von den unterhalb der Läsion gelegenen Stellen des Rückenmarkes beziehen. Kitzelt man aber nun die Fusssohlen, so geräth das Bein in convulsivische Zuckungen ohne Wissen des Individuums und ohne dass dieses auf die Muskelaction in demselben Beine willkürlich den geringsten Einfluss hätte. Hier begegnen wir also abermals Erscheinungen von rein reflectorischem Charakter; zugleich aber ist diese Thatsache von grosser Bedeutung für das Verständniss solcher und ähnlicher Phänomene bei den niederen Thieren, indem

sie uns lehrt, dass das Bewusstsein keine nothwendige Bedingung für das Auftreten von Reflexactionen ist. Solange die Verbindung zwischen Gehirn und Rückenmark besteht und das erstere sich in wachendem, thätigem Zustande befindet, wird derselbe Reiz, welcher früher die Reflexaction erzeugte, allerdings eine Wahrnehmung hervorrufen, die letztere ist aber kein wesentlicher Factor im Reflexprocesse. Denn wird die Fusssohle eines Schlafenden gekitzelt, so zieht er das Bein zurück, oder wird ein Finger in die Handfläche eines schlafenden Kindes gelegt, so schliesst es die Faust, aber in keinem dieser Fälle ist Bewusstsein des tactilen Eindrucks vorhanden.

Wenngleich nun das Rückenmark als ein Reflexcentrum angesehen werden kann, sowohl während es in Verbindung mit dem Gehirne steht, als auch nach der Trennung von diesem, so übt andererseits das letztgenannte Organ doch einen sehr mächtigen Einfluss auf das Zustandekommen der Reflexphänomene aus. So können manche Personen durch starke Willensanstrengung die Bewegung des Beines unterdrücken, welche sonst auf Kitzeln des Fusses nothwendig erfolgen würde. Aber auch das Thierexperiment hat es nachgewiesen, dass die Centren des Grosshirnes einen hemmenden oder unterdrückenden Einfluss auf die Reflexactionen des Rückenmarkes ausüben. Dies wurde unter Anderm auf folgende Weise gezeigt. Man hing einen Frosch in der Weise beim Kopfe auf, dass seine Beine in ein Gefäss mit verdünnter Säure tauchten. Nach einer gewissen Zeit zog er in Folge der andauernden Reizung durch die Säure die Beine zurück. Durch wiederholte Versuche wurde die mittlere Zeitdauer bis zum Eintritt dieser Muskelbewegung bestimmt. Denselben Versuch stellte man nun mit einem Frosche an, dessen Rückenmark hinter der *medulla oblongata* quer durchschnitten war. Das Intervall, das jetzt zwischen dem Contact mit der Säure und dem Zurückziehen der Füsse verfloss, war in diesem Falle ein bedeutend kürzeres und zugleich die ganze Action auffallend energischer.

Setschenow ¹⁾ hat ferner gezeigt, dass diese reflexhemmende Thätigkeit des Grosshirnes durch directe Reizung der *lobi optici* noch verstärkt werden kann. Wenn er den Frosch in

¹⁾ Physiologische Studien über die Hemmungsmechanismen, Berlin 1863.

der angegebenen Weise aufhing und gleichzeitig die *lobi optici* auf chemischem Wege reizte, so fand er die Zeit bis zum Zurückziehen des Beines bedeutend verlängert. Wir haben ein gewisses Recht, diese reflexhemmende Thätigkeit der Nervencentra in das Grosshirn zu verlegen, doch ist das eigentliche Wesen des Hemmungsmechanismus noch sehr wenig erkannt¹⁾.

§. 9. Die Bedingungen, unter welchen die Reflexvorgänge auftreten, und die Form der letzteren verlangen eine etwas eingehendere Betrachtung. Die Ausdehnung sowie die Form der Reflexbewegungen hängen ab von der Stärke und der Art des Reizes. Als Regel mag gelten, dass ein schwacher Reiz Reflexbewegung an der gleichen Seite erzeugt. Es erfolgt also z. B. auf schwache Reizung eines Fusses bloss Zurückziehen des zugehörigen Beines. Wird aber die Intensität des Reizes gesteigert, dann erfolgt eine Irradiation in der grauen Rückenmarksubstanz, so dass die Muskelcontractionen nicht mehr auf das eine Bein beschränkt bleiben, sondern auf beiden Seiten in allen vier Gliedern auftreten. Aehnliches tritt ein, wenn man, statt den Reiz zu verstärken, die Reflexerregbarkeit des Rückenmarkes erhöht. Daher erscheint in gewissen Krankheiten oder bei Strychninvergiftung die Reflexerregbarkeit des Rückenmarkes derart gesteigert und der Widerstand gegen die Irradiation der Erregung soweit herabgemindert, dass bei Anwendung eines Reizes, welcher unter normalen Bedingungen bloss eine umschriebene Muskelaction erzeugt hätte, Reflexkrämpfe ganz allgemeiner Natur hervorgerufen werden.

Wenn es nun auch als Regel gelten kann, dass eine Summation der Reize die Reflexaction steigert und dieselbe allgemeiner macht, so gilt dies doch nur für solche Reize, welche auf die gleiche Stelle des Rückenmarkes wirken (Wundt). Bringt man hingegen gleichzeitig mit der ursprünglichen Reizung einen zweiten sensorischen Nerven an irgend einer anderen Stelle des Körpers in Erregung, dann wird die Reflexaction, welche sonst in Folge des ersten Reizes eingetreten wäre, unterdrückt oder gehemmt (Herzen, Schiff).

Diese Erscheinung lässt sich mit jener Reflexhemmung vergleichen, welche in Folge von Reizung der *lobi optici* oder *tha-*

¹⁾ Vergl. darüber L. Brunton, „Inhibition, Peripheral and Central“. West Riding Lun. Asyl. Report IV.

lami optici bei Setchenow's Versuchen beobachtet wird; und es ergiebt sich daraus, dass im Allgemeinen die Reflexactionen unterdrückt werden, wenn gleichzeitig Eindrücke von verschiedenen Seiten her an die Nervencentren gelangen.

Bisher haben wir unsere Aufmerksamkeit hauptsächlich auf die allgemeine Thatsache der Reflexaction und auf einzelne ihrer Entstehungsbedingungen gerichtet. Wir müssen nun eingehender die Form dieser auf reflectorischem Wege erzielten Bewegungen betrachten.

Die Reflexbewegungen sind nicht einfache Muskelcontractionen ohne Zweck und Bedeutung, sondern sie besitzen den ausgesprochenen Charakter von zweckmässigen Bewegungen, und zwar in so deutlicher Weise, dass dadurch schon sehr bedeutungsvolle Discussionen über die Frage: ob das Bewusstsein bei ihrer Entstehung nicht doch eine Rolle spiele, angeregt wurden. Diese Bewegungen sind meistens solche zum Schutze, zur Vertheidigung, in der Regel geeignet, den insultirten Körpertheil aus dem Bereich der Reizquelle zu ziehen oder den Reiz selbst zu entfernen. So wird z. B. das ausgestreckte Bein gebogen oder zurückgezogen, wenn man die Zehen kneipt; es erfolgen, wenn der Reiz in der Analregion eingreift, passende Bewegungen mit beiden Beinen, welche den Zweck haben, den Reiz zu entfernen.

Jedenfalls werden vom Rückenmarke aus die Reflexbewegungen häufig in ganz bemerkenswerther Weise den jedesmal obwaltenden besonderen Bedingungen angepasst, wie dies die wohlbekannten Versuche von Pflüger ¹⁾ zeigen.

Wenn ein Tropfen Essigsäure auf den Schenkel eines decapitirten Frosches gebracht wird, so macht das Thier Versuche, mit dem Fusse derselben Seite den Tropfen wegzuwischen. Wird dieser Fuss amputirt und die Essigsäure wie früher applicirt, so macht das Thier anfangs ähnliche Versuche wie vorhin; da es aber mit dem Stumpfe die gereizte Stelle nicht erreichen kann, so erhebt es nach einigen Momenten deutlicher Unschlüssigkeit und Unruhe den anderen Fuss und versucht mit diesem den Reiz zu entfernen.

Dieses Experiment wurde von Pflüger und von Anderen als ein Beweis für die psychische, intellectuelle Thätigkeit des be-

¹⁾ Pflüger, Die sensorischen Functionen des Rückenmarkes, Berlin 1853.

treffenden Rückenmarksabschnittes angeführt. Es giebt aber in der That kaum ein schwierigeres Problem in der Physiologie der Nervencentren, als dasjenige, eine sichere Grenze zu ziehen zwischen den Phänomenen von rein reflectorischem Charakter und solchen Erscheinungen, bei welchen Bewusstsein, Wahrnehmung, Intelligenz mit in Betracht kommen; eine Schwierigkeit, welche wir noch grösser finden werden, wenn wir zu der Betrachtung der basalen Hirnganglien gelangen. Wir können auf das Vorhandensein von Bewusstsein bei Anderen bloss aus den Thatsachen der Selbstbeobachtung schliessen und sind demnach geneigt, nur solche Actionen als bewusste anzusehen, zu deren Vornahme wir selbst unumgänglich eines klaren Bewusstseins und intacter Intelligenz bedürfen. Es ist aber andererseits eine feststehende Thatsache, dass manche zweckmässige Bewegung, welche sonst immer vom Bewusstsein geleitet zu werden pflegt, auch einzig und allein vom Rückenmarke ohne das geringste Mitwirken unseres Bewusstseins, ausgeführt werden kann. Ganz abgesehen von anderen Umständen mag uns dies allein schon ein Fingerzeig sein, von denjenigen complicirteren zweckmässigen Actionen, welche von Thieren, deren Centralnervensystem im Grossen und Ganzen denselben Grundtypus wie das unsrige zeigt, nur durch Vermittelung des Rückenmarkes ausgeführt werden, anzunehmen, dass sie nur dem Grade, aber nicht ihrer Art nach verschieden sind von den in unserem eigenen Rückenmarke sich abspielenden Reflexerscheinungen. Die von Pflüger beschriebenen Thatsachen bedürfen ebenfalls keiner anderen Erklärung. Wenn auch der Reiz eines Essigsäuretropfens in der Regel zuerst nur Bewegungen desselben Beines hervorruft, so habe ich doch nicht selten beobachtet, dass beide Beine gleichzeitig gehoben wurden, gleichsam in der Absicht, die Ursache des Reizes zu entfernen. Wir haben also in dieser Thatsache ein Beispiel — neben vielen anderen — für die physiologische Association, welche im Rückenmarke zwischen den gleichartigen Bewegungscentren der beiderseitigen Glieder besteht, sei es nun, dass diese Association durch Commissurenfasern, oder durch die Reihe früherer Erfahrungen, die Gewohnheit (Lotze), oder endlich durch beide Umstände zusammen ermöglicht ist. Dadurch erklärt es sich, auf welche Weise in Pflüger's Versuch, wenn in Folge der Amputation eines Fusses die angestrebte Erleichterung mit dessen Hülfe nicht erreicht werden kann, bei fortdauerndem Reize auch das andere Bein durch

associirte Reflexaction mit ins Spiel gezogen wird. Es ist übrigens gar nicht nöthig, den Fuss zu amputiren, denn sobald nach wiederholter Reizung derselben Stelle das gleichseitige Bein erschöpft ist, wird bei jedem neuerlichen Betupfen mit Säure das andere Bein in Gebrauch gezogen.

Goltz¹⁾ hat in einer Reihe geistreich ersonnener Experimente nachgewiesen, dass die anscheinend absichtlichen Bewegungen des decapitirten Frosches, welche auf periphere Reizung erfolgen, mit dem Angriffspunkte und der Art der Reizung sich in ihrer Form verändern, dass aber alle den Charakter einer einfachen zweckmässigen Reflexaction bewahren. Er hat ferner durch folgenden Versuch einen schlagenden Beweis gegen die Annahme einer seelischen Leistung des Rückenmarkes geliefert. Er nahm zwei Frösche, von denen der eine decapitirt wurde, während er den anderen blindete, um Willensbewegungen in Folge von Gesichtseindrücken auszuschliessen. Beide setzte er in ein Gefäss mit Wasser, dessen Temperatur er nach und nach erhöhte. Bis die Temperatur 25° C. erreicht hatte blieben beide Frösche ruhig; dann aber begann derjenige, dessen Gehirn unverletzt war, Zeichen von Unbehagen zu zeigen, er versuchte bei steigender Temperatur zu entweichen, bis er endlich bei 42° C. in Folge der Hitze unter tetanischen Krämpfen starb. Mittlerweile sass der geköpfte Frosch starr und regungslos ohne Zeichen von Unbehagen oder Schmerz in seinem Bade. Pinselte er aber dem Thiere ein wenig Essigsäure auf eine Stelle der Rückenhaut, welche aus dem Wasser hervorragte, so führte es die bekannten reflectorischen Wischbewegungen correct aus. Ausserdem aber blieb es gänzlich ruhig und starb bei 56° C., seine Muskeln waren im Zustand der Wärmestarre.

Wir haben also in diesem Versuche einen Beweis, so exact als wir ihn nur immer wünschen können, dass ein Frosch ohne Gehirn, der Reflexactionen vollkommen gut ausführt, gänzlich unempfindlich ist gegen Eindrücke, welche im normalen Zustande Schmerz erregen. Wenn allerdings äussere Zeichen von Schmerz nicht mit Sicherheit das Bestehen einer bewussten Schmerzempfindung anzeigen, so kann doch andererseits in diesem Falle die

¹⁾ Beiträge zur Lehre von den Functionen der Nervencentren des Frosches, Berlin 1869.

Abwesenheit von Schmerzensäusserungen den Mangel eines zum Bewusstsein gelangenden schmerzhaften Eindrucks beweisen.

§. 10. Auch im Bereiche des organischen Lebens treffen wir auf Reflexerscheinungen zweckmässiger Art, welche vom Rückenmarke abhängen. Reflexcontraction der Eingeweidemuskeln erfolgt auf Reizung der betreffenden centripetalen Nerven, wie wir dies am Mechanismus der Zurückhaltung und Entleerung der Secrete beobachten können. Eine innige Beziehung besteht zwischen dem animalen und dem visceralen Nervenapparate. Es können Reflexbewegungen in den Eingeweiden durch Reizung der Hautoberfläche hervorgerufen werden, während umgekehrt Störungen im Bereiche der Eingeweide sich durch die animalischen Muskeln offenbaren können. Diese Beziehung beider nervöser Systeme zu einander kann uns mitunter zur Erklärung mancher Krankheitsercheinungen behülflich sein (Sympathie, Synästhesie, Synkinesie).

§. 11. Das was Manche unter der automatischen Thätigkeit des Rückenmarkes verstehen, ist im Grunde nur eine beständig fortwirkende Reflexaction. Beispiele dieser sogenannten automatischen Rückenmarksthätigkeit sehen wir am Tonus der Sphincteren, der Blutgefässe (Vulpian), der Muskeln überhaupt. Durch den Tonus der Sphincteren bleiben die betreffenden Orificien solange geschlossen, bis sie durch eine stärkere Muskelanstrengung, willkürlich oder unwillkürlich, überwunden werden. Der Muskeltonus ist eine constante Contraction, eine Spannung, welche besonders bei Lähmung der Antagonisten zu Tage tritt. Sind z. B. die Extensoren einer Extremität, etwa in Folge Durchschneidung des Nervens gelähmt, so bewirkt der Tonus der Flexoren eine dauernde Beugung des Gliedes. Ebenso entsteht nach einseitiger Lähmung eines bilateral wirkenden Muskels durch die tonische Contraction des anderen eine laterale Ungleichheit.

Dass dieser Tonus zum grossen Theil durch eine centripetale Erregung, welche fortwährend von der Peripherie ausgeht, aufrecht erhalten wird, beweisen uns die Verhältnisse an den Sphincteren; diese schliessen am festesten, wenn die benachbarte Schleimhaut sich im Zustande der Reizung befindet, während der Tonus aufhört, wenn, wie dies Brondgeest ¹⁾ zeigte, die betreffenden centripetalen Nerven durchschnitten werden. Dasselbe Princip einer

¹⁾ Reichert u. Du Bois, Arch. 1860.

gewissermassen latenten Reflexreizung lässt sich auch auf den Tonus der animalen Muskeln anwenden.

Diese Thatsache einer vom Rückenmark ausgehenden latenten Reflexthätigkeit ist auch von grosser Bedeutung für das Verständniss vieler von den Grosshirncentren abhängiger Erscheinungen.

In manchen Fällen kommen allerdings vom Rückenmark aus in Folge gewisser Circulations- und Ernährungsverhältnisse in diesem Organ, unabhängig von peripheren Reizen, auch solche Erscheinungen zum Ausdruck, auf welche allein die Bezeichnung „automatisch“ im strengen Sinne des Wortes Anwendung finden kann.

Die Functionen des Rückenmarkes in Bezug auf Ernährung und Circulation gehören nicht in den Rahmen der vorliegenden Untersuchung ¹⁾.

¹⁾ Eine historische und kritische Darlegung der Reflexfunctionen des Rückenmarkes gab Dr. W. Stirling (Edinb. Med. Journ., April u. Jun. 1876).

Drittes Capitel.

Leistungen des verlängerten Markes.

§. 12. Wenn wir vom Rückenmarke zur *medulla oblongata* weiter schreiten, so gelangen wir zu einem Reflexcentrum von complicirterem Charakter, welches mit den wichtigsten Lebensfunctionen im innigsten Zusammenhange steht. Alle Gehirnnerven, mit Ausnahme der vier ersten Paare, sind mit den grauen Centren der *medulla oblongata* direct verknüpft, ein anatomisches Verhältniss, welches nach Analogie der spinalen Centren allein schon darauf hinweisen muss, dass die *medulla oblongata* als ein Reflexcentrum für die im Verbreitungsbezirke der eben gedachten Nerven sich abspielenden Vorgänge aufzufassen sei. Zahlreiche physiologische und pathologische Thatsachen erweisen zur Genüge, dass dies der Fall ist. Wenn alle oberhalb der *medulla oblongata* befindlichen Theile des Gehirns entfernt werden, so kann der in diesem Grade verstümmelte Organismus, selbst wenn es sich um einen Warmblüter handelt, weiter leben und athmen, trotzdem ihm die Möglichkeit zu spontanen Bewegungen genommen ist. Spinale Reflexe erfolgen wie zuvor, auch wird die Reizung eines Organes, das seine Nerven aus der *medulla oblongata* empfängt, durch einen Reflexact beantwortet. So schliessen sich die Augenlider auf Berührung der Conjunctiva, die Gesichtsmuskeln contrahiren sich, Ohr und Zunge werden bewegt, sobald die sensorischen Nerven der eben genannten Theile gereizt werden.

Aber auch complicirtere coordinirte Actionen als die eben angeführten können hervorgerufen werden. Wenn dem operirten Thiere ein Stückchen Nahrung auf den Zungenrücken weit genug nach rückwärts gebracht wird, so erfolgen Schlingbewegungen mit

derselben Präcision wie früher, wobei eine grosse Anzahl verschiedenartiger Muskeln in Thätigkeit gerathen muss. Bei einem jungen Säugethiere, das auf die früher beschriebene Weise operirt ist, ruft die Einführung des Fingers zwischen die Lippen Saug- und Schlingbewegungen hervor.

Eine ähnliche Verstümmelung wird auch mitunter am Menschen als Monstrosität, Anencephalie, beobachtet. Solche Kinder, bei denen das Centralnervensystem oberhalb der *medulla oblongata* nicht entwickelt ist, saugen und schlingen, wenn man sie an die Brust legt, wie vollständig entwickelte Individuen. Die *medulla oblongata* ist also das Coordinationscentrum für die genannten zusammengesetzten Bewegungen, welche alsbald mit der Zerstörung dieses Organes aufhören. Die Ursprungskerne der dabei betheiligten centripetalen und centrifugalen Nerven sind untereinander verbunden, ohne dass es aber der anatomischen Forschung bisher gelungen wäre, alle zur Erzielung des harmonischen Gesamteffectes benützten Verbindungsbahnen aufzudecken.

Wiewohl sich kein directer experimentaler Beweis dafür anführen lässt, dass die *medulla oblongata* auch das Coordinationscentrum für die beim articulirten Sprechen in Action tretenden verschiedenen Muskelcontractionen darstellt, so ist dies doch aus anderen Gründen wahrscheinlich. Die bei der Articulation betheiligten Muskeln werden nämlich direct von der *medulla oblongata* innervirt, und ihre Nervenkerne stehen untereinander in anatomischem Zusammenhange. In der als *paralysis glosso-labio-laryngea* von Duchenne oder als Bulbärparalyse bekannten Krankheit werden zunächst gerade die Innervationscentren für die der Articulation dienenden Muskeln ergriffen, in der Weise, dass durch eine zunehmende Lähmung der Zunge, des Gaumens, der Lippen und der Larynxmuskeln die Articulation und schliesslich auch die Deglutition unmöglich wird. Es findet dabei eine progressive Degeneration der Kerne des *hypoglossus*, *facialis*, *accessorio-vagus* und *glossopharyngeus* statt. Diese Auswahl, welche die Krankheit trifft, beweist, dass zwischen den genannten Nerven eine functionelle, sowie nicht weniger eine anatomische enge Relation besteht, welche jedoch bis jetzt nicht genauer ergründet ist. Schröder van der Kolk glaubte, dass die Verbindungen des *nervus hypoglossus*, des *facialis* und des *trigeminus* mit den Oliven (o, Fig. 4) auf diese Ganglien als Coordinations-

centren der Articulation hinweisen. Allein die neueren Untersuchungen über die feinere Structur der *medulla oblongata* haben diese Ansicht nicht bestätigen können; es scheint vielmehr aus den bereits erwähnten Angaben von Meynert hervorzugehen, dass die Oliven in bestimmter Beziehung zu den Hintersträngen des Rückenmarkes und zu den unteren Kleinhirnschenkeln stehen. Auch Vulpian theilt einen Fall von vollständiger Degeneration beider Oliven mit, in welchem keine Articulationsstörung nachzuweisen war. Andererseits fehlt uns, wie erwähnt, noch immer das genaue Verständniss des Mechanismus der Coordinationscentra für die Articulation in der *medulla oblongata*.

§. 13. Die *medulla oblongata* muss ferner als ein Reflexcentrum für den Gesichtsausdruck und für verschiedene andere, als Ausdruck einer Gemüthsbewegung aufzufassende Aeusserungen angesehen werden. Vulpian hat gezeigt, dass wenn man einer jungen Ratte, welcher das ganze Gehirn bis zur *medulla oblongata* genommen ist, eine Zehe kneipt, nicht bloss gewöhnliche Reflexbewegungen in den Gliedern hervorgerufen werden, sondern dass das Thier auch einen Schmerzensschrei ausstösst. Dieser Versuch, welcher sich öfter wiederholen lässt, gelingt nicht mehr, wenn zugleich die *medulla oblongata* zerstört wurde; es erfolgen dann zwar die übrigen Reflexbewegungen, allein der Schrei bleibt aus. In dem angeführten Versuche ist der Schrei nur ein Reflexphänomen; dies wird leicht verständlich, wenn man sich erinnert, dass ein Schrei nichts anderes als eine modificirte heftige Expiration darstellt und dass gerade in der *medulla oblongata* das Coordinationscentrum für die Respirationsbewegungen gelegen ist. Diese Beziehung der *medulla oblongata* zu den Respirationsbewegungen äussert sich eben darin, dass die rhythmische Respiration mit der grössten Regelmässigkeit in automatischer oder reflectorischer Weise solange vor sich geht, als die *medulla oblongata* intact ist, dass aber nach deren Zerstörung die Athmung alsbald aufhört und das Thier zu Grunde geht, wenn es nicht, wie dies z. B. beim Frosche der Fall ist, vermittelt der Hautrespiration allein weiter leben kann.

Flourens hat das Athmungscentrum auf experimentellem Wege in den V-förmigen unteren Winkel des vierten Ventrikels, in den *calamus scriptorius* (4, Fig. 3) verlegt und diese Stelle *noeud vital* genannt. An dieser Stelle treffen die verschiedenen, an der Athmung betheiligten centripetalen und centrifugalen

Nervenbahnen zusammen, und hier entspringt der Impuls zu der coordinirten Bewegung der Thoraxwand, des Zwerchfells und der Luftwege. Nachdem das Rückenmark oberhalb des Ursprunges des *nervus phrenicus* verletzt ist, stellen die Thoraxmuskeln und das Diaphragma ihre Thätigkeit als Athmungsmuskeln ein; dagegen können sich diese Muskeln, ohne bei dem gemeinsamen Athmungsprocesse mitzuwirken, einfach auf reflectorischem Wege contrahiren, wenn nur ein Reiz auf die betreffenden sensorischen Nerven einwirkt.

Ebenso unterbricht ein Schnitt durch die *medulla oblongata* oberhalb des Athmungscentrums die centrifugalen Bahnen für die Muskeln an den Orificien des Respirationstractus, ohne aber die Thoraxmuskeln und das Diaphragma von der Athmungsthätigkeit auszuschliessen.

Die centripetalen Reize, welche das Athmungscentrum zur rhythmischen Action anregen, werden hauptsächlich durch die in den Lungen und überhaupt in den Luftwegen verbreiteten Vagusäste zugeleitet. Der Zustand der Lunge am Schlusse der Expiration erzeugt die Anregung für die Inspirationsbewegung, andererseits wird durch die Ausdehnung der Lunge am Schlusse der Inspiration entweder eine active Expirationsbewegung angeregt, oder aber durch Hemmung der Inspirationsbewegung dem Thorax die Möglichkeit gegeben, zusammenzusinken.

Das Respirationscentrum steht aber ferner in reflectorischem Zusammenhange mit den sensorischen Nerven im Allgemeinen und speciell mit denen des Gesichtes und der Brust. So regt ein plötzlicher Reiz an diesen Theilen der Hautoberfläche, z. B. Bespritzen mit kaltem Wasser, die Athmungsthätigkeit an; allein auch von anderen Theilen der Körperoberfläche her kann durch eine solche rasche Einwirkung das Respirationscentrum in der Weise influencirt werden, dass die Athmungsbewegungen in der Inspiration oder in der Expiration krampfhaft unterbrochen werden. Die rhythmische Abwechslung zwischen In- und Expiration geht aber nicht ausschliesslich in Folge einer Reflexwirkung vor sich; sie erfolgt vielmehr auch dann noch, wenn sämmtliche, mit dem Athmungscentrum zusammenhängende centripetale Nerven durchschnitten sind. In diesem Falle handelt es sich um eine wirkliche automatische Thätigkeit, welche durch den Zustand des Blutes bedingt wird. Verminderung des Sauerstoffes und An-

sammlung von Oxydationsproducten im Blute wirken auf das Inspirationencentrum als Reiz, und dieses wieder erregt reflectorisch die Expirationsbewegungen. Ist das Blut künstlich mit Sauerstoff übersättigt, so kommen die Respirationsbewegungen zu vollständigem Stillstand — Apnoe. Mangelhafte Sauerstoffzufuhr zum Blut, bei unterbrochener Respiration, regt im hohen Grade Inspirations- und Expirationsbewegungen an, bis schliesslich, wenn das Hinderniss nicht überwunden wird, wie z. B. in der Asphyxie, allgemeine Convulsionen eintreten. Die Respirationsbewegungen stehen aber auch in bedeutendem Maasse unter dem Einflusse des Willens. Durch die Willensthätigkeit sind wir im Stande, die Athmungsbewegungen mit den Articulationsbewegungen zum Zwecke der Sprache zu combiniren; ebenso vermögen wir auch durch Schluss der Glottis und forcirte Contraction der Expirationsmuskeln den Inhalt des Rectums und der Blase herauszupressen. Allein die Macht unseres Willens über die Athmungsbewegungen reicht nur bis zu einer gewissen Grenze. Wenn die Inspiration über einen Punkt hinaus unterdrückt wird, so erreicht das Athmungsbedürfniss einen so mächtigen Grad, dass wir nicht mehr im Stande sind, die reflectorische oder automatische Thätigkeit des Respirationencentrums willkürlich aufzuhalten.

Besondere Modificationen der Respirationsthätigkeit sind das Niesen und das Husten. Wenn die Nasenschleimhaut gereizt wird, so erfolgt reflectorisch eine tiefe Inspiration, Verschluss der Glottis, und dann eine forcirte, explosive Expiration durch die Nase: Niesen. In gleicher Weise verursacht eine Reizung der Kehlkopfschleimhaut oder der Bronchien eine plötzliche, explosive Expiration: Husten. Der Vorgang des Hustens kann auch willkürlich angeregt werden, während das Niesen lediglich eine Reflexaction ist und durch den Willenseinfluss allein nicht hervorgebracht werden kann.

Bell und Schiff lassen die Bahnen, mittelst welcher das Respirationscentrum mit den Athmungsmuskeln zusammenhängt, in den Seitensträngen der *medulla oblongata* und des Cervicalmarkes verlaufen; die eben genannten Theile wurden demgemäss auch eine Zeit lang Respirationsstränge genannt. Nach Schiff würde Durchschneidung eines Seitenstranges im Cervicalmarke das Diaphragma und die Rippenmuskeln derselben Seite lähmen; doch konnten weder Vulpian noch Brown-Séguard irgend eine

Beziehung dieser Rückenmarksstränge zu den Athembewegungen constatiren. Ihre Versuche machen es vielmehr wahrscheinlich, dass das Athmungscentrum mit den Ursprungskernen der motorischen Athmungsnerven durch die graue Substanz des Rückenmarkes zusammenhängt.

Die Thätigkeit des Respirationencentrums kann lange Zeit erhalten bleiben, nachdem bereits die Reflexerregbarkeit des Rückenmarkes erloschen ist und alle willkürlichen bewussten Bewegungen aufgehört haben. Dies zeigt sich z. B. in der Wirkungsweise des Chloroforms, welches bei genügend starker Einwirkung das Gehirn und das Rückenmark früher lähmt, als das Athmungscentrum.

§. 14. Das verlängerte Mark ist ausserdem ein Innervationscentrum für das Herz.

Die rhythmischen Herzbewegungen erfolgen allerdings unabhängig von der *medulla oblongata* oder von der Cerebrospinalaxe, sie werden vielmehr bedingt durch die Thätigkeit gangliöser Apparate, welche sich im Herzen selbst finden, so dass dieses auch nach vollständiger Trennung vom Centralnervensystem, ja bei Kaltblütern sogar, nachdem es aus dem Körper ausgeschnitten ist, seine rhythmischen Bewegungen fortzusetzen vermag.

Allein es kann die Thätigkeit des Herzens durch diejenigen Nerven, welche dieses Organ mit der *medulla oblongata* verbinden, in sehr bedeutender Weise beeinflusst werden. Diese Nerven sind von zweierlei entgegengesetzter Wirkung: die einen beschleunigen, die anderen hemmen oder verlangsamen die Herzthätigkeit. Die Hemmungsfasern gelangen vom verlängerten Marke durch den *nervus vagus* an das Herz; Reizung des Vagus oder seines peripheren Stumpfes oder auch des Vaguskerneln hat daher Stillstand des Herzens in der Diastole zur Folge. Da von der *medulla oblongata* aus fortwährend eine mehr oder minder bedeutende Hemmung auf das Herz ausgeübt wird, so erscheint die Herzthätigkeit nach Durchschneidung des *nervus vagus* beschleunigt. Die accelerirenden, beschleunigenden Herznerven steigen von der *medulla oblongata* durch das Rückenmark abwärts und erreichen das Herz, nachdem sie das unterste Cervical- und das oberste Dorsalganglion des Sympathicus passiert haben.

Diese beiden Arten von Herznerven können durch Reizung gewisser centripetaler Bahnen reflectorisch in Thätigkeit versetzt werden.

So können die Hemmungsnerven erregt und das Herz zum Stillstand gebracht werden durch einen starken Reiz auf die Nerven der Haut, durch Reizung der sensorischen Trigeminafasern in den Nasenlöchern (Hering), der sensorischen Larynxfasern und besonders der Eingeweidenerven. Es bringt z. B. ein schmerzhafter Schlag gegen die Baueingeweide des Frosches das Herz zum Stillstand, eine Thatsache, welche im Stande ist, die Gefahr eines Stosses gegen das Epigastrium und die traurigen Consequenzen eines Trunkes zu kalten Wassers oder sonst einer reizenden Flüssigkeit zu erklären.

Die beschleunigenden Herznerven werden unter anderem durch Reizung der sensorischen Muskelnerven erregt; dadurch ist theilweise die schnellere Herzaction bei heftiger Muskelanstrengung bedingt.

§. 15. Auch die Blutgefäße stehen unter der Controle der *medulla oblongata*. Man pflegt den Innervationsherd für die Blutgefäße das vasomotorische Centrum zu nennen. Die von diesem ausgehenden vasomotorischen Nerven gelangen durch das Rückenmark und durch die Ganglien und Nervenfasern des Sympathicus an die Blutgefäße. Durch ihre beständige Thätigkeit halten diese Nerven eine tonische Contraction der Arterienwände aufrecht, den sogenannten Gefäßtonus. Dem entsprechend verschwindet dieser Arterientonus grossentheils nach Durchschneidung des Rückenmarkes unterhalb der *medulla oblongata*, die Blutgefäße erweitern sich.

Dasselbe Resultat erhält man, wenn man den *nervus sympathicus* oder jene Nerven, welche sympathische Fasern zu den Blutgefäßen führen, durchschneidet. Die Lage des vasomotorischen Centrums wurde von Owsjanikoff und später besonders genau, wenigstens für das Kaninchen, von Ditmar¹⁾ bestimmt. Es ist zu unterscheiden zwischen dem reflectorischen und dem tonischen Gefäßcentrum. Ersteres nimmt zu beiden Seiten der Mittellinie in der *medulla oblongata* des Kaninchens einen prismatischen Raum ein,

¹⁾ Ditmar, Ueber die Lage des sogenannten Gefäßcentrums in der *medulla oblongata*. Ber. d. k. sächs. Acad. d. Wissensch. 1873.

Ferrier, die Functionen des Gehirnes.

welcher einer von Dean und Kölliker als unterer diffuser Theil der oberen Olive beschriebenen Anhäufung von Ganglienzellen entspricht, und vom oberen Rande des *corpus trapezoides* bis etwa 3 mm oberhalb des *calamus scriptorius* reicht. Das tonische Gefässcentrum soll sich nach Ditmar etwas höher hinauf erstrecken.

Allein Vulpian hatte schon nachgewiesen, dass ausser dem vasomotorischen Centrum der *medulla oblongata* auch das Rückenmark bei der Erhaltung des arteriellen Tonus betheiligt sei. Dies schliesst er daraus, dass nach Durchtrennung des Rückenmarkes unterhalb der *medulla oblongata* eine weitere Dilatation der Blutgefässe durch Zerstörung des Rückenmarkes oder durch Abschneiden der vorderen Wurzeln erzielt werden kann. Aehnliche Resultate für das tonische Gefässcentrum erhielten Goltz und Freusberg, während Schlesinger¹⁾ für die reflectorischen vasomotorischen Centra durch Steigerung ihrer Erregbarkeit mittelst Strychnin-injectionen ein Hinabreichen über das Halsmark experimentell feststellte. Stricker²⁾ zeigte, dass der wichtigste Theil der spinalen tonischen Gefässcentren beim Hunde in den unteren Abschnitten des Hals- und im oberen Abschnitt des Brustmarkes gelegen sei. Wie aus dem eben Gesagten hervorgeht, steht also das Gefässnervencentrum in Verbindung mit centripetalen Nerven, welche seine Thätigkeit anregen oder abschwächen, die Gefässe reflectorisch verengern oder erweitern. Jene Nervenbahnen, deren Reizung Erregung des vasomotorischen Centrums und damit Contraction der Blutgefässe zur Folge hat (*nervi pressores*), sollen nach Miescher in den hinteren Theilen der Seitenstränge durch das Rückenmark nach aufwärts ziehen. Die Reizung eines jeden sensorischen Nerven kann das Gefässcentrum reflectorisch erregen und allgemeine Contraction der Blutgefässe hervorrufen. Allein gleichzeitig mit dieser allgemeinen Gefässcontraction geht eine locale Verminderung des Gefässtonus einher, in der Weise, dass die Blutgefässe des unmittelbar gereizten Theiles dilatirt werden, die betreffende Hautstelle sich röthet. Eine ähnliche lo-

¹⁾ W. Schlesinger, Ueber die Centra der Gefäss- und Uterusnerven. Jahrb. d. Ges. d. Aerzte zu Wien, 1874.

²⁾ Stricker, Untersuchung über die Ausbreitung der tonischen Gefässnervencentren im Rückenmarke des Hundes. *ibid.* 1878.

cale Hemmung des Tonus, eine solche Erweiterung der Blutgefäße bemerkt man am Magen, wenn die in seiner Schleimhaut sich verzweigenden Vagusäste gereizt werden (Rutherford).

Abgesehen von einer derartigen localen Abschwächung des Gefässtonus, kann die Thätigkeit des gesammten tonischen Gefässcentrums auch durch Reizung eines für das Herz bestimmten Vagusastes herabgesetzt werden.

Dieser Nervenast wird *nervus depressor* (Ludwig) genannt, weil seine Reizung eine Verminderung des arteriellen Tonus, ein Sinken des Blutdruckes zur Folge hat. Es zeigt sich, dass übermässige Dilatation und Anstrengung der Herzventrikel den *nervus depressor* reizt und dass hierdurch Dilatation der Blutgefäße und Nachlassen der Spannung in den Arterien hervorgerufen wird. Dieses wechselseitige Verhältniss zwischen den Centren der Blutgefäße und der Herzinnervation ermöglicht es, dass der Blutdruck innerhalb gewisser Grenzen erhalten bleibt. Sind die Blutgefäße dilatirt, wodurch der Blutdruck erniedrigt und der ganze Circulationsvorgang in beträchtlichem Maasse alterirt wird, so bewirkt die entsprechend gesteigerte Herzaction alsbald eine gewisse Compensation, während andererseits eine übermässige Contraction der Blutgefäße und die in Folge davon eintretende starke Steigerung des Blutdruckes durch eine correspondirende Hemmung, Verlangsamung der Herzthätigkeit ausgeglichen wird. Auf diese Weise werden allzugrosse Abweichungen vom normalen Verhalten verhindert.

Es besteht auch ein Wechselverhältniss zwischen den vasomotorischen, den Herz- und den Respirationsnervencentren. Schwankungen im Pulse und im Blutdrucke begleiten daher die Respirationsbewegungen vollständig unabhängig von den mechanischen Einwirkungen der Brust- und Herzbewegungen. Während der Inspiration ist der Puls beschleunigt, während der Expiration hingegen verlangsamt.

Die *medulla oblongata* ist demnach als Centralorgan für die zur Erhaltung des Lebens wichtigsten Reflexactionen anzusehen. Das Leben kann erhalten bleiben, wenn alle über der *medulla oblongata* befindlichen Theile des Centralnervensystems entfernt wurden; die Respirationen erfolgen in ihrem gewohnten Rhythmus, das Herz schlägt weiter, die Circulation persistirt; das Thier

schluckt, wenn ihm die Nahrung in den Schlund gebracht wird, es reagirt auf Reizung seiner sensorischen Nerven, zieht, wenn es gekneipt wird, die Glieder zurück oder führt einen unregelmässigen Sprung aus, ja es stösst vielleicht einen Schmerzensschrei aus — allein es bleibt nur noch eine nicht fühlende, nicht denkende Reflexmaschine.

Viertes Capitel.

Functionen des Mittelhirnes und des Kleinhirnes im Allgemeinen.

§. 16. Wir können nun weiter schreiten zur Besprechung derjenigen Theile des Gehirnes, welche zwischen den Grosshirnhemisphären und der *medulla oblongata* gelegen sind, nämlich der Brücke (*pons Varolii*), der Vierhügel und des Kleinhirnes. Es wird vortheilhaft sein, dieselben zuerst in ihrer Gesammtheit zu betrachten und erst dann mit Rücksicht auf ihre speciellen Leistungen, soweit sich letztere von einander unterscheiden.

Wir haben bereits kurz jene Thätigkeiten besprochen, welche ein Thier noch zu leisten vermag, dem alle Centren oberhalb des verlängerten Markes entfernt worden sind, und haben versucht, der *medulla oblongata* wie dem Rückenmarke, die jedem von ihnen eigenthümlichen Functionen zuzuweisen. In ähnlicher Weise wollen wir nun die Leistungen der oben besprochenen Theile des Gehirnes in Betracht ziehen durch eine Untersuchung und Analyse jener Thätigkeitsformen, die sich bei solchen Thieren äussern, denen alle vor den Vierhügeln oder den *lobis opticis* liegenden Centren entfernt worden sind. Es sind sehr zahlreiche derartige Versuche angestellt worden, deren Resultate alle ziemlich übereinstimmen. Allein die gleiche Uebereinstimmung lässt sich nicht hinsichtlich der Auffassung und Auslegung dieser Resultate constatiren. Wir verdanken den Untersuchungen von Flourens ¹⁾ und Longet ²⁾ unsere wichtigsten Kenntnisse über die Erschei-

¹⁾ Flourens, Recherches expérimentales sur les propriétés et les fonctions du système nerveux, II. ed. Paris 1842.

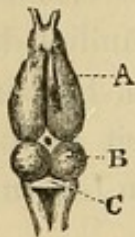
²⁾ Longet, Anatomie und Physiologie des Nervensystems des Menschen und der Wirbelthiere. Deutsch von J. A. Hein. Leipzig 1847 bis 1849.

nungen nach Abtragung der Grosshirnhemisphären, allein sehr viel wurde noch von den nachfolgenden Untersuchern, hauptsächlich von den Franzosen, geleistet, unter welchen den ersten Rang Vulpian¹⁾ einnimmt.

Die Erscheinungen, welche sich an Thieren zeigen, denen die Grosshirnhemisphären entfernt worden waren, variiren beträchtlich in den verschiedenen Thierklassen. Es sind dies Differenzen, welche, wie dies Vulpian gut ausgedrückt hat, hauptsächlich von dem Grade der zwischen den einzelnen Centren des Cerebrospinalsystemes bestehenden Solidarität abhängen, den wir verschieden finden, je nachdem wir in der Thierreihe auf- oder absteigen.

§. 17. Wenn wir einen Frosch seiner Grosshirnhemisphären beraubt haben (A, Fig. 11), so sind die wichtigsten Erscheinun-

Fig. 11.



Gehirn des Frosches. A. Grosshirnhemisphären. B. *Lobi optici*. C. Kleinhirn.

gen, welche wir beobachten können, folgende (vgl. darüber hauptsächlich Goltz²⁾). Ohne Grosshirnhemisphären bleibt der Frosch in seiner normalen Stellung und setzt allen Versuchen, ihn aus seiner Gleichgewichtslage zu bringen, Widerstand entgegen. Legt man ihn auf den Rücken, so kehrt er augenblicklich wieder in seine frühere Lage zurück und bleibt auf den Füßen stehen. Wird er auf ein Brett gesetzt und das Brett in einer beliebigen Richtung gedreht, so macht das Thier deutliche

Versuche, seinen Schwerpunkt innerhalb der stützenden Basis zu erhalten. Wird sein Fuss gekneipt, so hüpfte er weg. Wird er ins Wasser gesetzt, so schwimmt er, bis er festen Boden findet, klimmt hinauf und sitzt dann wieder vollständig ruhig. Wird sein Rücken leicht gestreichelt, so quakt er laut und thut dies mit solcher Sicherheit nach jeder neuen Reizung, dass, wie dies Goltz bemerkt, ein Chor von hirnlosen Fröschen erhalten werden kann, welcher bei geeigneter Gelegenheit sein $\beta\rho\epsilon\kappa\epsilon\kappa\epsilon\kappa\epsilon\xi\ \kappa\omicron\alpha\xi\ \kappa\omicron\alpha\xi$ in einer Weise loslassen würde, welche das Herz eines Aristophanes erfreut hätte. Es würde thatsächlich in vielen Beziehungen schwer sein, zu sagen, dass die Entfernung der Hemisphären irgend eine merkbare Veränderung in dem gewöhnlichen Verhalten des Thieres hervorgerufen habe. Setzen

¹⁾ Vulpian, *Leçons sur la physiologie du système nerveux*, 1866.

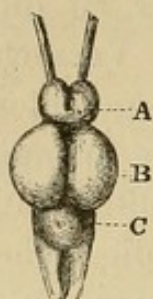
²⁾ Goltz l. c.

wir es in ein Gefäss mit Wasser, dessen Temperatur man nach und nach erhöht, so wird es sich nicht wie ein Frosch, der nur noch seine *medulla oblongata* und das Rückenmark besitzt, ruhig siedeln lassen, sondern, sobald das Bad eine unangenehme Hitze erreicht hat, herausspringen. Wenn man einen solchen Frosch auf den Boden eines Wassereimers setzt, so steigt er an die Oberfläche empor, um zu athmen. Wir können den Versuch auch noch compliciren: wenn wir ihn in ein mit Wasser gefülltes Gefäss bringen, welches umgekehrt in eine pneumatische Wanne gestürzt wird, so dass es in Folge des Luftdruckes gefüllt bleibt, so wird der Frosch wie zuvor zuerst in dem Gefässe in die Höhe steigen. Nachdem er aber oben nicht die nothwendige atmosphärische Luft findet, wird er seinen Weg wieder zurück nach abwärts fortsetzen und endlich dahin gelangen, aus dem Gefäss heraus an die freie Oberfläche zu kommen. Er weiss seine Bewegungen den Umständen anzupassen. Wird ein undurchsichtiger Gegenstand zwischen ihn und das Fenster gestellt, so springt der Frosch, wenn man seine Zehe kneipt, nicht blindlings an das Hinderniss an, sondern er nimmt seinen Weg dem Hinderniss ausweichend seitlich vorbei. Er wird die Richtung seines Sprunges ändern, wenn die Stellung des Hindernisses zwischen ihm und dem Lichte eine andere ist. Es ist also insoweit kein Unterschied zwischen seinem Benehmen und dem eines Frosches im vollen Besitze seiner Fähigkeiten. Dennoch macht sich eine beträchtliche Differenz bemerkbar. Der grosshirnlose Frosch, so lange er nicht durch irgendwelche periphere Reize gestört wird, bleibt immer an demselben Flecke ruhig sitzen, so lange bis er endlich zu einer Mumie vertrocknet ist. Jede spontane Thätigkeit ist aufgehoben; die Erinnerung an das Vergangene ist bei ihm ausgelöscht und er zeigt keine Furcht bei solchen Gelegenheiten, welche sonst einen gesunden Frosch in die Flucht treiben würden. Er bleibt auch dann noch ruhig sitzen, wenn man die Hand langsam gegen ihn führt, um ihn zu ergreifen, und weicht nur zurück, wenn eine rasche Bewegung vor seinen Augen gemacht wird. Umgeben vom Ueberflusse wird er an Mangel zu Grunde gehen, aber ihn quälen nicht wie Tantalus: Hunger und Durst. Kein Wunsch und kein Verlangen, seine physischen Bedürfnisse zu erfüllen, lebt in ihm.

§. 18. Die Resultate, welche bei Fischen nach einer ähnli-

chen Entfernung der Grosshirnhemisphären (A, Fig. 12) beobachtet werden, sind *ceteris paribus* von derselben Art wie die beim Frosch. Ein so verstümmerter Fisch hält sein normales Gleichgewicht im Wasser aufrecht und benutzt seinen Schweif und seine

Fig. 12.



Gehirn des Karpfen. A. Grosshirnhemisphären. B. *Lobi optici*. C. Kleinhirn.

Flossen beim Schwimmen mit gleicher Präcision und Coordination wie früher. Allein der hirnlose Fisch ist fortwährend in Bewegung, und auch in seinen Bewegungen ist Methode. Er wird nicht gegen ein Hinderniss anrennen, welches sich seinem Wege entgegenstellt, sondern je nach Umständen nach rechts oder links ausweichen. Sich selbst im Wasser überlassen, schwimmt er in einer geraden Linie und im Gegensatz zu den anderen Fischen, welche hin und her schwimmen, dies beriechend und jenes benagend, setzt er seinen Weg fort wie von einem unwiderstehlichen Impulse getrieben, und hält erst dann still, wenn er entweder die

Wand des Gefässes erreicht hat oder erschöpft ist, in Folge nervöser oder muskulöser Ermüdung. Es ist ein wesentlicher Unterschied zwischen dem Frosch, der immer ruhig sitzt, und dem Fisch, der unaufhörlich vorwärts schwimmt; allein für beide Erscheinungen gilt, wie wir später sehen werden, dieselbe Erklärung. Auch der Fisch geht wie der Frosch an Hunger zu Grunde, selbst wenn er umgeben ist von reichlichem, sonst geschätztem Futter.

§. 19. Die Resultate der Entfernung der Grosshirnhemisphären bei Tauben sind sehr detaillirt von Flourens¹⁾, Longet²⁾, Vulpian³⁾, Lussana⁴⁾ und Anderen beschrieben worden. Eine enthirnte Taube ist fortwährend noch im Stande, ihr Gleichgewicht aufrecht zu erhalten, und dasselbe wieder zu gewinnen, wenn es gestört wurde. Sie gelangt wieder auf ihre Füße, wenn man sie auf den Rücken gelegt hatte; sie setzt sich in Bewegung, wenn sie gestossen oder gekneipt wird. Kommt sie auf ihrem Wege

¹⁾ Flourens l. c.

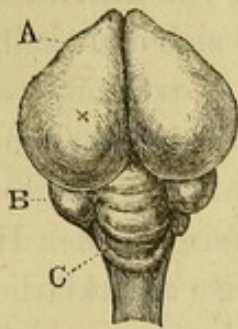
²⁾ Longet l. c.

³⁾ Vulpian, Leçons sur la physiologie générale et comparée du système nerveux. Paris 1866.

⁴⁾ Lussana u. Lemoigne, Fisiologia dei centri nervosi encefalici. Padova 1871.

zufällig an den Rand des Tisches, so bewegt sie die Flügel, bis es ihr gelingt, wieder feste Basis und Stütze zu gewinnen. In die

Fig. 13.



Gehirn der Taube.
A. Grosshirnhemisphären.
B. *Lobi optici*.
C. Kleinhirn.

Luft geworfen, fliegt sie mit aller nothwendigen Präcision und Coordination. Sich selbst überlassen scheint sie in tiefen Schlaf versunken zu sein. Sie wird aber leicht durch einen schwachen Stoss aus diesem Zustande aufgeweckt, öffnet ihre Augen. Gelegentlich, ohne anscheinend äussere Ursache, sieht sie auf, gähnt, schüttelt sich, putzt die Federn mit dem Schnabel, macht allenfalls mehrere Schritte und sitzt dann wieder ruhig, einige Zeit auf einem, manchmal auf beiden Füßen ruhend. Wenn eine Fliege zufällig auf ihrem

Kopfe Platz nimmt, so schüttelt sie dieselbe herunter. Wird ihr Ammoniak vor die Nasenlöcher gehalten, so weicht sie zurück. Wenn man den Finger rasch ihren Augen nähert, so zwinkert sie; ein Licht, das vor ihre Augen gebracht wird, bringt die Pupillen zur Contraction, und wenn man mit der Flamme eine kreisförmige Bewegung macht, so dreht das Thier die Augen und den Kopf entsprechend mit. Es wird zusammenfahren und die Augen weit öffnen, wenn eine Pistole nahe vor seinem Kopfe losgeschossen wird. Nach jeder dieser Lebensäusserungen, welche durch irgend eine Reizung hervorgebracht wurden, kehrt das Thier wieder in den Zustand der Ruhe zurück. Es macht keine spontanen Bewegungen; Gedächtniss und Wille scheinen aufgehoben. Wenn es gereizt wird, so wehrt es sich vielleicht mit den Schwingen und mit dem Schnabel; allein es zeigt weder Furcht, noch versucht es zu entfliehen. Allen Versuchen, den Schnabel zu öffnen, um ihm Nahrung beizubringen, setzt es Widerstand entgegen; ist dieser aber überwunden, so schlingt es wie gewöhnlich. Wenn man es künstlich füttert, so kann das Thier Monate lang am Leben erhalten werden; allein sich selbst überlassen, stirbt es wie der Fisch und der Frosch an Nahrungsmangel.

Dieses sind die HAUPTERSCHEINUNGEN, welche wir nach den Versuchen der obengenannten Autoren und nach meinen eigenen an solchen Thieren wahrnehmen können. Es ist zu bemerken, dass Voit¹⁾, gestützt auf seine eigenen Versuche, der allgemein ange-

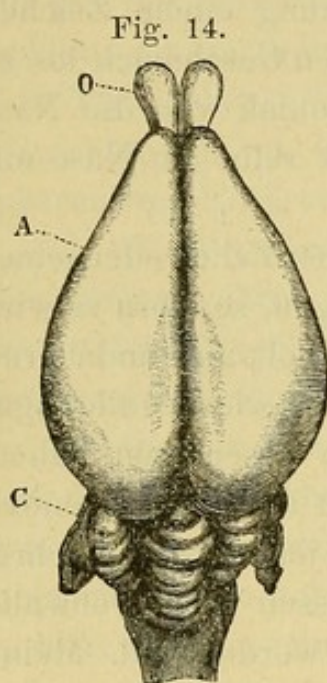
¹⁾ Voit, Sitzungsber. d. bair. Akademie 1868.

nommenen Ansicht, nach welcher Thiere ohne Grosshirnhemisphären aufhören, spontane oder Willensthätigkeiten zu äussern, widersprochen hat. Er sagt, er habe solche Thiere spontan, aus eigenem Antrieb herumgehen und fliegen gesehen. Sie unterschieden sich von anderen Tauben nur darin, dass sie sich nicht selbst nähren könnten. Allein nach der eigenen Angabe Voit's über die Regeneration der Hemisphären bei einer seiner Tauben hat man wohl das Recht, die Erscheinungen einer spontanen Thätigkeit, die er beschreibt, auf eine nicht vollständige Entfernung der Hemisphären zu beziehen. Nur auf diese Weise ist es erklärlich, wie Erscheinungen, die in geradem Gegensatze zu den von so vielen anderen Forschern beobachteten Resultaten stehen, wahrgenommen werden konnten.

§. 20. Wenn wir nun nach der Betrachtung der Functionen, welche die niederen Gehirncentren bei Fröschen, Fischen und Vögeln, unabhängig von den Grosshirnhemisphären, zu leisten vermögen, zu denjenigen Erscheinungen übergehen, welche nach Entfernung des Grosshirnes bei Säugethieren auftreten, so finden wir diese von sehr verschiedenem Charakter. Wir haben gesehen, dass Frösche, Fische und Vögel, denen das Grosshirn fehlt, andauernd fähig bleiben zur Verrichtung solcher Thätigkeiten, die, wenn überhaupt, sich nicht viel von den Actionen unterscheiden, welche dieselben Thiere unter absolut normalen Bedingungen vollführen. Allein die Resultate, welche wir bei den Säugethieren erhalten, sind weit entfernt, denselben Grad von Gleichmässigkeit darzubieten. Es zeigen sich sehr wesentliche Differenzen, je nach dem Alter des Thieres und der Classe, zu welcher es gehört. Wenn wir die Erscheinungen, welche wir an den Thieren einer Classe beobachtet haben, und die sich daraus ergebenden Schlüsse auf die Säugethiere im Allgemeinen und speciell auf den Menschen ausdehnen wollten, so würden wir Gefahr laufen, in beträchtliche Irrthümer zu verfallen. Die Vernachlässigung dieses Umstandes ist eine fruchtbare Quelle von Meinungsverschiedenheiten und Widersprüchen zwischen einzelnen Physiologen, sowie zwischen den Thatfachen der Experimentalphysiologie und den durch die klinischen und pathologischen Untersuchungen gefundenen Facten geworden. Obschon wir es als eine allgemeine Regel bei unseren Untersuchungen gelten lassen können, dass Nervencentren, welche nach demselben Typus gebaut sind, auch analoge Functionen besitzen, so dürfen wir gleich-

wohl nicht vergessen, dass, je weiter wir in der Thierreihe hinaufsteigen, die einzelnen Theile der Cerebrospinalaxe mehr und mehr untereinander verbunden und in ihrer Thätigkeit associirt sind. Die Trennung der einzelnen Theile voneinander wird daher derartige functionelle Störungen des Ganzen hervorrufen müssen, dass wir nur in seltenen Fällen im Stande sind, die Erscheinungen, welche von dem direct verletzten Theile ausgehen, rein und unabhängig zu erhalten. Dass dies der Fall ist, werden wir später noch häufig genug zu beobachten Gelegenheit haben.

Unter den Säugethieren sind die Kaninchen und Meerschweinchen am meisten zu physiologischen Versuchen verwendet worden. Junge Thiere eignen sich besser zu diesem Zwecke mit Rücksicht auf den geringeren Grad von Solidarität, welcher



Gehirn des Kaninchens.
A. Die glatten Grosshirnhemisphären. O. *Bulbus olfactorius*. C. Kleinhirn.

zwischen den einzelnen Theilen ihres Gehirnes im Vergleich mit dem der alten Thiere besteht. Die Entfernung der Hemisphären wird daher bei ihnen eine geringere allgemeine functionelle Störung hervorrufen, als bei älteren Thieren. Aber gerade bei erwachsenen Kaninchen gewinnen die niederen Centren rasch wieder ihre unabhängige Leistungsfähigkeit, nachdem nur der erste, durch die Entfernung der Hemisphären hervorgerufene Shok überstanden ist.

Werden die Hemisphären einem Kaninchen (A, Fig. 14) oder auch einem Meerschweinchen entfernt, so ist das Thier zunächst äusserst schwach; allein nach einer verschieden langen Zeit macht sich die Wiederkehr der Beweglichkeit bemerkbar.

Es zeigt sich zunächst, dass die Muskelkraft der Glieder bedeutend abgeschwächt ist. Diese Muskelschwäche ist verhältnissmässig weit mehr in den vorderen als in den hinteren Gliedern ausgesprochen. Das Thier ist im Stande, wenn auch schwankend, sich auf den Beinen im Gleichgewichte zu erhalten; die Vorderbeine werden aber dabei häufig in ungeschickter, unregelmässiger Weise gebraucht. Aus dem Gleichgewichte gebracht, vermag das Thier dieses wieder zu gewinnen; wird sein Hinterfuss gekneipt, so läuft es in der gewöhnlichen Weise nach

vorwärts, bis es mit seinem Kopfe gegen irgend ein Hinderniss stösst, oder bis es durch die Aufregung erschöpft ist.

Niemand hat, so weit ich es weiss, beobachtet, dass auch Säugethiere, ohne Grosshirnhemisphären Hindernissen, welche ihnen in den Weg gestellt werden, ausweichen, wie wir dies bei Fröschen und Fischen gesehen haben.

Das Kaninchen setzt vielmehr seine einmal begonnene Flucht Hals über Kopf blindlings fort. Die Pupillen ziehen sich noch zusammen, wenn ein kräftiger Lichtstrahl in das Auge fällt, die Augenlider schliessen sich, wenn die Bindehaut direct bedroht wird. Bei einem lauten Tone zuckt das Ohr und das Thier fährt zusammen. Coloquinthen oder irgend eine andere unangenehm schmeckende Substanz bringt Bewegungen der Zunge und der Kaumuskeln hervor, welche in jeder Beziehung einem Zeichen von Missbehagen mit dem Bestreben, den üblen Geschmack los zu werden, gleichen. Wird dem Thiere Ammoniak vor die Nase gehalten, so zieht es den Kopf zurück oder reibt die Nase mit seinen Pfoten.

Das Thier antwortet auf ein Kneipen seiner Zehen oder seines Schwanzes nicht bloss mit gewissen Bewegungen, sondern es wird auch, wenn der Reiz etwas stärker ist, wiederholt und andauernd schreien in derselben schmerzlichen Art und Weise, wie dies alle Jäger genau kennen, welche Hasen oder Kaninchen geschossen haben. Vulpian lenkt die besondere Aufmerksamkeit auf den klagenden Charakter dieses Schreies, wodurch er sich von jenem kurzen Schrei deutlich unterscheidet, welcher noch ausgestossen wird, wenn alle Theile oberhalb der *medulla oblongata* zerstört worden sind. Meine eigenen Experimente bestätigen vollkommen die Beschreibung, welche Vulpian davon giebt. Bleibt das Thier sich selbst überlassen, durch keinerlei äussere Reize gestört, so verharret es unbeweglich an derselben Stelle und geht, wenn es nicht künstlich gefüttert wird, gerade so wie Frosch, Fisch und Vogel, inmitten des Ueberflusses, an Hunger zu Grunde; wird es aber künstlich gefüttert, so kann das Thier einige Tage am Leben erhalten bleiben.

Mit Ausnahme des höheren Grades von Muskelschwäche und der verminderten Accommodationsfähigkeit der Bewegungen bezüglich sensorischer Eindrücke im Allgemeinen, insbesondere aber der Gesichtseindrücke, unterscheiden sich also die Erscheinungen an den ihres Grosshirnes beraubten Nagethieren

nur wenig von denjenigen, die wir bereits an Fröschen, Fischen und Vögeln beschrieben haben. Das Vermögen, das Gleichgewicht aufrecht zu erhalten, bleibt ungestört; coordinirte Ortsbewegungen und selbst Aeusserungen des Affectes können durch sensorische Eindrücke hervorgerufen werden, und zwar wesentlich in demselben Maasse bei allen. Bei Katzen, Hunden und höheren Thieren ist die Prostration so gross, der Verlust an motorischer Kraft so bedeutend, dass die unabhängige Leistungsfähigkeit der niederen Centren, so weit sie sich auf die Erhaltung des Gleichgewichtes und die coordinirte Vorwärtsbewegung bezieht, in der That verloren geht. Allein die Thatsache, dass sensorische Eindrücke durch Zeichen des Schmerzes beantwortet werden, nöthigt zu dem Schlusse, dass wir es hier nicht mit dem vollständigen Verluste, sondern nur mit der Unterdrückung der anderen Formen von Functionsäusserungen zu thun haben. Dieser Schluss kann noch durch andere Thatsachen erhärtet werden, die wir aber erst dann näher betrachten wollen, wenn wir uns mit den Functionen der Hemisphären beschäftigen werden.

§. 21. Wenden wir uns nun von den Thatsachen selbst zur Besprechung ihrer Erklärung, so treffen wir auf eine *quaestio vexata* der Physiologie und Psychologie. Eine Thatsache von fundamentaler Bedeutung scheint allerdings durch diese Experimente vollständig klar gelegt zu sein, diejenige nämlich, dass bei Abwesenheit der Grosshirnhemisphären bloss durch Vermittlung der niederen Centren spontane Bewegungen irgend welcher Art nicht mehr zu Stande kommen können. Ein Thier, dessen Gehirn unverletzt ist, führt eine Reihe von spontanen Leistungen aus, welche nicht, wenigstens nicht unmittelbar, durch einen gleichzeitigen Sinnesreiz bedingt werden; hat man aber die Hemisphären entfernt, so sind alle Leistungen des Thieres nur mehr die unmittelbare und nothwendige Antwort auf den nach Form und Intensität verschiedenen die centripetalen Nerven erregenden Reiz. Ohne eine solche Anregung von Aussen bleibt das Thier bewegungslos, unthätig. Es ist allerdings wahr, dass manche von den Erscheinungen, die wir besprochen haben, mit dieser Ansicht im Widerspruch zu stehen scheinen, allein dieser Widerspruch ist nur scheinbar. So haben wir gesehen, dass ein hirnloser Frosch gelegentlich seine Glieder spontan bewegt, oder dass ein Vogel gähnt, die Federn schüttelt, den Fuss wechselt; allein auch diese Thätigkeiten sind alle nur das

Resultat von Eindrücken, welche einem Hautreize oder einem innerlichen Missbehagen entsprechen — epi- oder entoperiphereische Eindrücke — oder endlich in manchen Fällen auch ein von der Operationswunde ausgehender Reiz.

Das gleiche Gesetz genügt aber auch zur Erklärung der Unbeweglichkeit des Frosches auf dem Lande und der Lebendigkeit des Fisches im Wasser. Im ersten Falle ist keine äussere Reizquelle vorhanden, in dem zweiten hingegen wirkt der Contact des Wassers mit der Körperoberfläche als eine continuirliche äussere Anregung für den Schwimmmechanismus. So lange dieser Reiz anhält, so lange schwimmt auch der Fisch fort, bis er durch ein unüberwindliches Hinderniss oder durch Ermüdung zum Stillstehen gebracht wird. Um den Beweis zu vervollständigen, brauchen wir bloss den Frosch ins Wasser zu werfen; er wird dann wie der Fisch so lange schwimmen, bis er trockenes Land erreicht hat oder ermüdet ist. Es erlauben also die in verschiedenen Thierclassen nach Abtragung der Hemisphären auftretenden Erscheinungen eine Verallgemeinerung des Gesetzes, dass die niederen Ganglien nur Centren für eine unmittelbar wirkende Reflexaction sind, wodurch sie sich von den Hemisphären unterscheiden, welchen allein eine mehr selbstständige mittelbare Leistungsfähigkeit zukommt.

Wir haben nun zunächst jenen Eindruck, welcher eine solche Reflexaction unmittelbar hervorruft, eingehender zu prüfen. Handelt es sich dabei um eine rein physikalische Erscheinung, oder kommt jenem Eindrucke gleichzeitig eine subjective Seite zu, mit anderen Worten: sind diese Leistungen reine Reflexvorgänge (excitomotorische), oder sind sie das Resultat einer Wahrnehmung im engeren Sinne des Wortes? Wenn wir unter Wahrnehmung das Bewusstwerden eines Reizes verstehen, so können wir die Frage auch so stellen: begleitet Bewusstsein die Thätigkeit dieser Centren und haben wir demgemäss hier mit wirklich psychischen Erscheinungen zu thun? Ich habe bereits bei Besprechung der Rückenmarksthätigkeit bemerkt, dass der Nachweis von Bewusstsein bei Anderen als bei uns selbst nur auf Grundlage eines Schlusses möglich ist. Bei den niederen Thieren können wir nur aus dem Charakter der Erscheinungen, welche sie darbieten, und aus der Analogie mit unseren eigenen Handlungen schliessen. Wenn es schwer war, für das Rückenmark die Natur des ihm innewohnenden Anpassungsvermögens zu erklären, so stossen wir bei den

jetzt in Betracht stehenden Centren auf nicht geringere Schwierigkeiten. Wenn wir die metaphysische Anschauungsweise adoptiren, dass Geist und Bewusstsein ein untheilbares Ganze bilden und dass die Vernichtung eines grossen Theiles der Geistes-thätigkeiten nothwendigerweise die Vernichtung des Geistes im Ganzen bedinge, in Anbetracht, dass ja das Untheilbare nicht getheilt werden könne: so müssen wir jedenfalls folgern, dass die Functionen der niederen Centren ausserhalb der Sphäre der Geistesthätigkeit liegen, da ja die Entfernung der Hemisphären gewisse fundamentale Geistesfähigkeiten vernichtet. Allein diese Auffassung steht nicht in Uebereinstimmung mit den Thatsachen der Physiologie; denn wir werden später sehen, dass ganze Gebiete aus dem Bewusstsein vollständig und unwiederbringlich ausgelöscht werden können, ohne damit die Integrität des Bewusstseins auf anderen Gebieten zu alteriren; der Wille kann vernichtet werden, während das Bewusstsein zurückbleibt. Wir sind also nicht berechtigt zu sagen, dass der Geist als eine Unität in irgend einem Theile des Gehirnes localisirt sei, vielmehr hängen die Aeusserungen der Seelenthätigkeit in ihrer Gesammtheit ab von dem Zusammenwirken verschiedener Theile, deren Functionen bis zu einem gewissen Grade sich von einander unterscheiden lassen. Wenn wir unser Augenmerk bloss auf den Charakter jener Reactionen richten, welche durch Eindrücke auf die verschiedenen Sinnesorgane angeregt werden, so mag es unmöglich erscheinen, diese Reactionen von denen zu unterscheiden, welche durch ein deutliches Bewusstwerden des Eindruckes bestimmt werden. So ruft ein heftiges Kneipen des Schwanzes oder des Fusses bei einem hirnlosen Kaninchen nicht bloss convulsivische Reflexbewegungen hervor, wie solche auch durch die Thätigkeit des Rückenmarkes allein entstehen können, sondern es kommt ausserdem zu den erwähnten charakteristischen, wiederholt und anhaltend kund gegebenen Schmerzensäusserungen. Ebenso scheint der Frosch, wenn er ungestüme Anstrengungen macht, seinem heissen Bade zu entfliehen, ein bestimmtes Schmerzgefühl zu haben. Man könnte auch annehmen, dass es das Bewusstwerden der Gesichtseindrücke ist, welches den Frosch bestimmt, wenn er zur Bewegung angeregt wird bei Seite zu springen, um ein Hinderniss zu umgehen, oder welches unter gleichen Umständen den Fisch bestimmt, von seiner geraden Bahn abzuweichen. Allein

wir dürfen uns nicht auf den Anschein allein verlassen, es ist ja andererseits auch denkbar, dass das Mesocephalon ein besonderes Reflexcentrum ist, welches sich von dem Rückenmarke nicht in der Art, sondern nur im Grade der Complicirtheit unterscheidet. Gerade so, wie die *medulla oblongata* ein Centrum von complicirteren und eigenthümlicheren Leistungen als das Rückenmark ist, so mag ja auch das Mittelhirn ein Centrum von noch mehr complicirten speciellen Reflexactionen sein, unter denen sich der Reflexausdruck der Affecte befindet. So kann der schmerzhafteste Schrei des gekneipten Kaninchens ausschliesslich ein Reflexphänomen sein, welches gar nicht von irgend einem wirklichen Schmerzgefühle abhängt. Auch das Beiseitespringen des hirnlosen Frosches zur Vermeidung eines Hindernisses kann einfach das Resultat zweier gleichzeitiger Eindrücke auf den Fuss und auf die Retina sein. Lotze sucht ferner darzuthun, dass gerade solche anscheinend intelligente Leistungen nicht in der ursprünglichen Anlage der Nervencentren begründet, sondern dass sie vielmehr das Resultat eines gewissen organischen Zusammenhanges seien, welcher sich zwischen bestimmten Eindrücken und bestimmten Handlungen unter ähnlichen Umständen durch die Erfahrung des Thieres entwickelt; das, was früher eine bewusste Thätigkeit war, wird durch die häufige Wiederholung eine Reflexthätigkeit von secundärem Charakter. Zahlreiche andere Beispiele könnten die Umwandlung bewusster Thätigkeit in secundäre Reflexactionen illustriren; doch genügt auch diese Anschauung nicht, um alle Erscheinungen zu erklären. So hat Goltz durch eine Reihe geistreich erdachter Experimente gezeigt, dass selbst dann, wenn die Glieder eines Frosches in solchen Stellungen fixirt wurden, welche dieselben früher nie eingenommen haben konnten, das Thier ohne Hemisphären die Fähigkeit behielt, seine Bewegungen den ungewohnten und abnormen Bedingungen anzupassen. Dies ist also ein Fingerzeig dafür, dass die Mittelhirncentren, wenn sie ausschliesslich als Reflexcentren aufgefasst werden sollen, in ähnlicher Weise thätig sind, wie eine Maschine, welche die Fähigkeit einer Art Selbstregulirung besitzt.

Allein das blosse Anpassungsvermögen ist nicht nothwendigerweise ein Beweis von Bewusstsein, indem ja jenes Vermögen, wie wir gesehen haben, bis zu einem gewissen Grade auch dem Rückenmarke eigen ist, und wenn wir es dort nicht als Zeichen einer bewussten

Thätigkeit aufgefasst haben, so muss dieselbe Auffassung auch hier gelten: denn es kann ja der complicirtere, zweckmässige Mechanismus des verlängerten Markes einfach das Resultat der zusammengesetzteren und besonderen Verhältnisse von zu- und abführenden Nerven sein. Unter dieser Voraussetzung werden wir den Unterschied begreifen, welcher sich in dem Verhalten zweier Frösche, von denen einer nur das Rückenmark, der andere aber auch noch das Mittelhirn und Kleinhirn besitzt, dann offenbart, wenn sie beide in ein Gefäss mit Wasser gesetzt werden, dessen Temperatur nach und nach erhöht wird. Die Fähigkeit herauszuspringen, welche letzterer noch besitzt, wird durch einen Reiz angeregt, der nicht genügend ist, um beim anderen Convulsionen bloss durch Vermittlung des Rückenmarkes hervorzurufen. Dass sich dies wirklich so verhält, beweist eine andere bereits erwähnte Beobachtung von Goltz. Es können nämlich die Glieder des enthaupteten Frosches in der gewöhnlichen Weise, z. B. durch chemische Reizung, zu Reflexbewegungen angeregt werden bei einem Wärmegrad, der den anderen Frosch bereits zu Entweichungsversuchen antreibt. Wir können demnach die Zweckmässigkeit in den Erscheinungen nicht als sicheren Beweis für das Vorhandensein von Bewusstsein ansehen. Carpenter, welcher sowie Longet dem Mittelhirn die Bedeutung eines *sensorium commune* oder Sitzes der Sinnesempfindungen beilegt, und die Thätigkeit dieser Centren eine sensori-motorische nennt, führt als Beweis der Mitwirkung des Bewusstseins bei diesen Vorgängen die augenscheinlich bewussten Handlungen der wirbellosen Thiere an, welche ja doch keine wirklichen Grosshirnhemisphären haben, sondern bloss eine Reihe, dem Mittelhirn der Wirbelthiere entsprechender, Ganglien. Dies wäre allerdings ein wichtiges Argument, wenn der Parallelismus sich auch in anderer Hinsicht durchführen liesse; allein der Beweis wird wesentlich durch die Thatsache abgeschwächt, dass die wirbellosen Thiere im Stande sind, Handlungen auszuführen, welche von völlig anderem Charakter sind, als diejenigen ihres Grosshirnes beraubter Wirbelthiere. Jene Thiere zeigen eine mannigfache Spontaneität ihrer Handlungen unter, soweit wir es beurtheilen können, gleichen äusseren Bedingungen. Sie suchen ihre Nahrung und verstehen ihre Handlungen so einzurichten, dass sie aufsuchen, was ihnen angenehm, und vermeiden, was ihnen lästig ist: Fähigkeiten, welche durch das Entfernen des Grosshirnes bei Wirbelthieren gänzlich verloren gehen.

Ich glaube also daraus den Schluss ziehen zu dürfen, dass die Ganglien der Wirbellosen dem Mesocephalon der Wirbelthiere nicht gänzlich analog sind; denn verhielte es sich so, dann müssten wir mit Recht erwarten, dass bei den Wirbelthieren ohne Grosshirn sich nicht bloss die Wahrnehmungsfähigkeit, sondern auch die anderen psychischen Processe, wenn auch im geringeren Grade, äussern würden. Allein wir finden ja nicht bloss einen gradweisen, sondern auch einen essentiellen Unterschied. Es ist daher wahrscheinlich, dass die Ganglien der Wirbellosen Nervenzellen enthalten, welche, wenn auch in weniger entwickeltem Maasse, die Functionen des Grosshirnes der Wirbelthiere vertreten.

Die Frage nach den Beziehungen des Bewusstseins zu der Thätigkeit des Mittelhirnes bleibt demnach, soweit wir uns auf Experimente an niederen Thieren beschränken, ungelöst. Leichter ist es, die Bedingungen des Bewusstseins an uns selbst auszumitteln. Der einzige Beweis dafür, dass ein Eindruck bewusst wurde, besteht, mit Ausnahme der unmittelbar gegenwärtigen Reize, darin, dass wir uns seiner erinnern. Ohne einen gewissen Grad von Beharren in unserem Gedächtnisse hat eine Wahrnehmung praktisch keine psychische Bedeutung; ohne den vermittelnden Dienst unseres Gedächtnisses als Basis für die Vergleichung des Vergangenen mit dem Gegenwärtigen fehlt das Verständniss für die Wahrnehmungen und erscheint eine vernünftige, bewusste Handlung, welche auf die von Aussen durch unsere Sinnesorgane aufgenommenen Eindrücke begründet ist, ist unmöglich. Man sieht gewöhnlich die Hemisphären als den Sitz des Gedächtnisses und der Vorstellungen an, allein es bleibt noch die Frage übrig, ob sie auch wirklich zu einer Wahrnehmung, zum Bewusstwerden eines gegenwärtigen Eindruckes unbedingt nothwendig sind. Wir sind natürlich nicht in der Lage, von solchen Fällen eine Lösung dieser Frage zu erwarten, in welchen die Function der Hemisphären soweit beeinträchtigt erscheint, dass die Mittheilung subjectiver Vorgänge, wenn solche überhaupt noch statt haben, durch Worte oder Zeichen unmöglich gemacht ist. Allein wir haben Beispiele von Krankheiten, in welchen die Hemisphären von ihrer Verbindung mit dem Mittelhirne abgeschnitten, aber Denken und Sprechen intact erhalten sind, so dass wir directen Aufschluss über das Bewusstwerden der Eindrücke erhalten können. Ein solcher Zustand wird geschaffen durch eine Läsion des Hirnschen-

kels oder des hinteren Theiles der Hirnschenkelausstrahlung, was eine nicht seltene klinische Beobachtung ist. In diesem Falle hat das Individuum absolut kein Bewusstsein von den tactilen Reizen, welche auf die entgegengesetzte Körperseite einwirken, wie sehr es auch seine Aufmerksamkeit in dieser Beziehung anstrengen mag. Im Mittelhirn allein treten also die sensorischen Eindrücke nicht vor das Bewusstsein. Wir müssen demgemäss annehmen, dass die Wahrnehmung eine Function der höheren Centra ist. Die Resultate der Untersuchungen an Affen stehen, wie wir später sehen werden, in voller Uebereinstimmung mit den angeführten klinischen Erfahrungen. Aus der Homologie des menschlichen Mittelhirnes mit dem der Wirbelthiere können wir mit Recht schliessen, dass deren Functionen ebenfalls einander ähnlich sind und sich bloss dem Grade nach unterscheiden.

Vulpian schreibt dem Mesocephalon nur ein rohes, dunkles Empfindungsvermögen zu, im Gegensatze zu der klaren Empfindung der Hemisphären, zur Wahrnehmung. Goltz theilt der *medulla oblongata* ein Anpassungsvermögen zu und nennt die Leistungen dieser Centren Antwortsbewegungen. Huxley will eine Empfindung, welche nicht vor das Bewusstsein tritt, Neurosis, und eine bewusste Wahrnehmung Psychosis nennen, Worte, welche nicht gut gewählt erscheinen, da sie ja auch als Bezeichnung für Nerven- und Geisteskrankheiten im Gebrauche sind. Für den rein physischen Vorgang in den speciellen Sinnescentren werden wir den Ausdruck „Empfindung“ (Aesthesia) gebrauchen und mit dem Worte „Wahrnehmung“ (Noësis), nur einen bewusst werdenden Sinneseindruck bezeichnen. Die Thätigkeit des Mittel- und Kleinhirnes können wir demnach eine ästhetiko-kinetische nennen und sie dadurch einerseits von der kentro-kinetischen oder excitomotorischen des Rückenmarkes, andererseits von der noëtiko-kinetischen des Grosshirnes unterscheiden (vergl. Cap. 12).

Nachdem wir bisher die allgemeinen Charaktere der Leistungen des Mittel- und Kleinhirnes nach Ausschaltung der Grosshirnhemisphären besprochen haben, müssen wir nun die speciellen Lebensäusserungen dieser Gebilde einer näheren Betrachtung unterziehen in der Absicht, womöglich den Mechanismus der durch sie vermittelten besonderen Thätigkeiten kennen zu lernen. Wir können die bereits besprochenen Functionen der in Rede stehenden Gehirnthelle in drei Hauptabtheilungen trennen, nämlich:

1. die Erhaltung des Körpergleichgewichtes, 2. die Coordination der Körperbewegungen, und 3. der Ausdruck von Gemüthsbewegungen. Die unter 1 und 2 genannten Leistungen sind so innig mit einander verbunden, dass die Betrachtung der einen mehr oder minder nothgedrungen auch eine Besprechung der anderen mit sich führt.

I. Die Erhaltung des Gleichgewichtes.

§. 22. Die bereits erwähnten Versuche von Goltz haben klar gezeigt, dass die Erhaltung des Gleichgewichtes eine Function des Mittelhirnes und des Kleinhirnes ist. Wir sahen, dass ein seines Grosshirnes beraubtes Thier nicht nur im Stande ist, in der Gleichgewichtslage zu verharren, sondern dass es dieselbe auch wieder zu gewinnen vermag, wenn es daraus gebracht worden war.

Es kann seinem Kopfe und seinem Körper eine solche Stellung geben, dass wenn die unterstützende Fläche geneigt wird, sein Schwerpunkt innerhalb der Basis bleibt, wobei sehr verschiedene und complicirte Bewegungen, welche alle zur Erreichung dieses Zweckes passend sind, je nach den Verhältnissen, unter welche das Thier gebracht wird, zusammenwirken müssen. Ein enthirnter Frosch, welcher auf eine abschüssige Fläche gesetzt wird, muss unwiderstehlich hinaufklettern, um zu verhindern, dass er nach rückwärts hinabfalle. Wenn eine grosshirnlose Taube, welche auf dem Tische umher schreitet, zufällig am Rande ins Leere tritt, so ist sie nothwendigerweise gezwungen, mit den Flügeln zu schlagen, um sich so lange zu erhalten, bis sie wieder festen Boden gewonnen hat. Auch Säugethiere, welche ihres Grosshirnes beraubt wurden, behalten, wenn auch in geringerem Grade, das gleiche Vermögen; es macht sich also zwischen den verschiedenen Thierklassen in dieser Beziehung ein gradweiser Unterschied bemerkbar.

Die Erhaltung des Gleichgewichtes ist ein Beispiel von Aesthetikokinesis und erfordert das Zusammenwirken dreier besonderer Factoren: 1. ein System centripetaler Nerven, 2. ein Coordinationscentrum, 3. centrifugale Bahnen, welche zu dem in Action tretenden Muskelapparate führen. Die Möglichkeit, das Gleichgewicht zu erhalten, wird demnach durch Zerstörung irgend eines dieser Factoren oder aller Factoren zusammen, vernichtet. Je nach der

Art, der Ausdehnung oder dem Angriffspunkte dieser Läsion können verschiedene Grade und Formen einer Störung dieser Function hervorgerufen werden.

Manche Analogien bestehen zwischen der Erhaltung des Gleichgewichtes und derjenigen des Muskeltonus; auch der letztgenannte kann in Folge von Verletzung der zu- oder abführenden Nerven oder der Centralganglien verloren gehen, und je nachdem dies in beiden oder nur in einer Gruppe antagonistischer Muskeln stattfindet, haben wir entweder vollständige Muskelschlaffheit oder Contracturen nach der einen oder anderen Seite hin. Ebenso können in Bezug auf das Gleichgewicht ähnliche Verletzungen entweder dessen Aufrechterhaltung vollständig unmöglich machen, oder gewisse Störungen des Equilibriums, wie Schwanken, Drehen etc. hervorrufen.

Der centripetale Apparat ist zusammengesetzter Art und besteht im Wesentlichen aus drei Hauptsystemen, aus deren gemeinsamer Action jene Gesamtempfindung entspringt, von welcher die Aufrechterhaltung des Gleichgewichtes und die Coordination abhängen. Das Equilibrium kann gestört werden durch abnorme Verhältnisse in einem oder mehreren oder in allen drei Systemen. Diese sind: 1. Organe für die Aufnahme und Weiterbeförderung tactiler Eindrücke, 2. Organe für die Aufnahme und Fortleitung von Gesichtseindrücken, 3. die halbzirkelförmigen Canäle des inneren Ohres und ihre centripetalen Nerven.

Der Einfluss der tactilen Sinneseindrücke.

§. 23. Sowohl das directe Experiment, als die pathologische Erfahrung lehren, dass die tactilen Empfindungen einen integrierenden Factor bei der Erhaltung des Gleichgewichtes bilden. Wir haben bereits gesehen, dass ein seines Grosshirnes beraubter Frosch, so lange er die *lobi optici* und das Kleinhirn besitzt, sich im Gleichgewicht erhalten und seine Bewegungen zur Erreichung dieses Zweckes den verschiedenen äusseren Bedingungen anpassen kann; sobald aber die Haut von den hinteren Extremitäten abgezogen wird, verliert das Thier plötzlich diese Fähigkeit und fällt, wenn die Unterlage geneigt wird, wie ein Klotz herunter. Die Entfernung der Haut hat die Organe für die Aufnahme solcher Sinnesempfindungen ausser Thätigkeit

gesetzt, welche nothwendig sind, um das Coordinationscentrum zu den für die Gleichgewichtserhaltung nothwendigen combinirten Bewegungen anzuregen. Die sensorischen Nerven der enthäuteten Glieder sind nach ihrer Abtrennung von den peripheren Sinnesorganen nicht mehr im Stande, den passenden Reiz zum Coordinationscentrum zu leiten. Dies ist eine Thatsache, die in Uebereinstimmung steht mit dem von Volkmann aufgestellten Gesetze, welches auch von allen folgenden Beobachtern bestätigt wird, dass nämlich Reflexreactionen viel leichter von der cutanen Ausbreitung sensorischer Nerven aus, als durch Reize, welche dieselben an irgend einem anderen Punkte ihres Verlaufes treffen, ausgelöst werden können.

Einen pathologischen Beweis für die Bedeutung der tactilen Eindrücke in Bezug auf die Thätigkeit der Gleichgewichts- und Coordinationscentren, liefern die Erscheinungen der *Ataxia locomotoria*. Bei dieser Krankheit leidet der Kranke an einem Gefühle von Taubheit in den unteren Extremitäten, hauptsächlich in den Sohlen, an einer Verminderung oder einem gänzlichen Verluste der tactilen Hautempfindlichkeit, so dass es ihm scheint, als ob er auf weichem Samme oder in der Luft stände; dabei können aber die anderen Formen der Hautsensibilität, die Schmerzempfindlichkeit oder der Temperatursinn erhalten bleiben. Ein kaltes Eisen, das an den Fuss gelegt wird, erregt die Empfindung von Kälte, aber nicht die eines kalten Gegenstandes. Ein solcher Kranker besitzt seine Muskelkraft und kann die Beine frei und kräftig bewegen, so lange er sich in liegender Stellung befindet; sobald er aber zu stehen oder zu gehen versucht, setzt er seine Beine unregelmässig auf und schwankt oder fällt. Diese Ungeschicklichkeit bei der Erhaltung des Gleichgewichtes sieht man dann am besten, wenn der Kranke mit parallel aneinander gestellten Füßen, so dass Fersen und Zehen sich berühren, zu stehen versucht. Er schwankt und wankt in einer beunruhigenden Weise und würde fallen, wenn man ihn nicht stützte. Diese Gleichgewichts- und Coordinationsstörung wird noch bedeutend vermehrt, wenn der Kranke seine Augen schliesst oder im Dunkeln zu stehen und zu gehen versucht; beides wird unter solchen Verhältnissen vollständig unmöglich.

Wir haben also in dieser Krankheit das Beispiel einer Störung des gesammten Gleichgewichts-Mechanismus, welche aber, wenig-

stens zum Theil, durch den Willen und durch die vom Sehorgan und vom Gehörlabyrinth zugeführten Sinneseindrücke ausgeglichen werden kann; daher erscheint auch nach Ausschliessung der Gesichtswahrnehmungen bei geschlossenen Augen oder im Dunkeln die Functionsstörung vollständiger. Diese Krankheit, auf die zuerst Todd hingewiesen hat, welche aber erst von Duchenne eingehender geschildert ist, stellt sich als eine Degeneration (Sklerose) der Hinterstränge des Rückenmarkes und der hinteren Spinalnervenzurheln heraus. Es ist hier nicht der Ort zu untersuchen, ob der Krankheitsprocess die Leitungsbahnen für die tactilen Eindrücke unterbricht (Schiff, Sanders-Ezn), oder ob die Incoordination zurückgeführt werden muss auf eine Affection jener Commissurensysteme, welche die verschiedenen Segmente des Rückenmarkes und deren hintere Wurzeln mit einander in Verbindung setzen (Todd, Woroschiloff).

Die Thatsache, welche hier für uns von Bedeutung erscheint, besteht darin, dass die Gleichgewichts- und Coordinationsstörung gleichen Schritt hält mit der Abnahme der Empfindlichkeit für gewisse cutane Reize. Es gilt dies besonders von den Contactempfindungen. Daher ist es wahrscheinlich, dass die Berührung der Fusssohle mit dem Boden zum grössten Theile die Anregung giebt, für jene zusammengesetzte coordinirte Muskelaction, welche beim Aufrechtstehen und bei der sicheren Vorwärtsbewegung eintritt. Dieselben Verhältnisse wie beim Frosch, dessen hintere Extremität enthäutet ist, finden wir hier wieder; allerdings können noch Eindrücke von dem entblössten Gliede aufgenommen werden, allein sie sind nicht mehr geeignet, die passende Thätigkeit der in Rede stehenden Gehirncentren anzuregen.

Die Thatsache, dass Gleichgewichtserhaltung und coordinirte Bewegungen noch möglich sind bei gänzlicher Abwesenheit des Grosshirnes, also beim Mangel wirklicher Wahrnehmungen, ist uns ein Fingerzeig, dass diese Functionen der Intervention des Bewusstseins nicht bedürfen. Sind die Hemisphären vorhanden, dann können allerdings die nämlichen Eindrücke, welche die Thätigkeit des Mittel- und Kleinhirnes in der angegebenen Weise anregen, auch weiter nach aufwärts fortgeleitet und, wenn die Aufmerksamkeit auf dieselben gerichtet ist, vor das Bewusstsein gebracht werden; allein diese letzteren Organe thun ihre Schuldigkeit ebensogut, wenn nicht besser, so lange die Aufmerksamkeit sich mit anderen Gegenständen be-

schäftigt. Dass aber bei intactem Grosshirne, wie in der Bewegungsataxie, das Bewusstsein zur Erhaltung des Gleichgewichtes mitwirken kann, erschwert die Lösung der Frage nach der unabhängigen Thätigkeit des Mittelhirnes, und nur die Analogie mit dem Thierexperimente berechtigt uns, das Bewusstsein als einen essentiellen Factor bei jenen Wirkungen auszuschliessen. Während aber das Bewusstsein unter normalen Bedingungen dabei nicht mitzuwirken braucht, wird es sicher unter abnormen Verhältnissen, wie eben bei der Bewegungsataxie, durch krankhafte Empfindungen, namentlich durch Schwindelgefühle, afficirt; daraus gehen dann auch zum grössten Theil die Versuche hervor, diese Störungen des sich sonst selbst regulirenden Mechanismus durch passende Willensanstrengungen zu compensiren. Die letzteren können allerdings bis zu einem gewissen Punkte erfolgreich sein, während das grosshirnlose Thier unter diesen Umständen vollständig hilflos erscheint.

Manche sehen die Ursache der Incoordination, welche bei der Bewegungsataxie beobachtet wird, in dem Verluste des sogenannten Muskelsinnes. Darunter versteht man das Bewusstsein von dem Contractionszustande der Muskeln und der von ihnen in Anwendung gebrachten Kraftmenge.

Wenn die Verhältnisse beim ataktischen Frosche und beim ataktischen Kranken sich als vollkommen analog herausstellten, so könnten wir diese Theorie nicht acceptiren, da ja bei ersterem nur die Vernichtung der Hautsensibilität die Gleichgewichtsstörung verursacht. Allein wir können eine solche vollständige Uebereinstimmung nicht ohne Weiteres voraussetzen. Wenn Verlust des Muskelsinnes als Verlust der Bewegungsvorstellungen aufgefasst wird, so muss ich diese Theorie für die Erklärung der Ataxie zurückweisen, und zwar auf Grundlage der früher bereits angeführten Thatsachen, welche den unterhalb der Hemisphären gelegenen Theilen das Bewusstsein absprechen. Es können aber die Muskeln sowie die speciellen Sinnesorgane der Ausgangspunkt centripetaler Eindrücke sein, welche wie die anderen Eindrücke zum Mittelhirn oder Kleinhirn geleitet werden. Es fragt sich nur, ob wir hinreichende Berechtigung haben, die Existenz solcher speciellen Muskelempfindungen anzunehmen. Es ist unzweifelhaft wahr, dass wir, wie dies E. Weber nachgewiesen hat, im Stande sind, verschiedene Gewichte zu unterscheiden, und zwar

je nach dem Grade der Muskelcontraction, welcher nöthig ist, um die Gewichte zu heben oder zu tragen. Allein wir haben es hier mit dem Resultate einer complicirten Thätigkeit zu thun; denn ausser den von den Muskeln selbst herrührenden Eindrücken kommen auch noch die Empfindungen in Betracht, welche durch die Berührung und den Druck der Haut, durch die Verschiebung der Muskeln und die Spannung der Bänder, und wenn das Gewicht schwer ist, durch die allgemeine Körperanstrengung hervorgerufen werden. Dass diesen letztgenannten beiden Factoren bei der Zusammensetzung dessen, was man gewöhnlich den Muskelsinn nennt, eine sehr grosse Rolle zukommt, wird allgemein angenommen. Schröder van der Kolk wies nach, dass derselbe gemischte Nerv, welcher motorische Fasern zu einem Muskel sendet, auch die über letzterem gelegene Hautpartie durch seine sensorischen Aeste versorgt; aus diesem Verhältniss könnte man auch schliessen, dass der Ursprung jener musculären Empfindungen nur in der Zusammenziehung des Muskels und in der dadurch hervorgerufenen Compression sensorischer Nerven zu suchen sei. Die Gelenke, Bänder und das Periost sind gleichfalls mit sensorischen Nerven und mit pacinischen Körperchen (Raubert), also mit Organen, die besonders empfindlich gegen mechanische Druckreize sind, versehen und erscheinen demnach auch befähigt, bei der zur Hebung eines Gewichts aufgewendeten Anstrengung, Eindrücke aufzunehmen. Aber können wir vielleicht doch irgend einen directen Beweis für eine den Muskeln selbst eigene Empfindlichkeit auffinden? Diese Frage war der Gegenstand vieler Discussionen, und manche Physiologen haben die Gegenwart sensorischer Nerven in den Muskeln, allerdings aus ungenügenden Gründen, gänzlich geleugnet. Die Muskeln sind zwar verhältnissmässig unempfindlich gegen gewisse Reizarten, welche, wie Schneiden, mechanische und chemische Reizung auf die Hautoberfläche kräftig wirken; allein sie sind wieder sehr empfindlich gegen andere Einflüsse: so sind die Muskeln der Sitz des Müdigkeitsgefühls, welches aus der Anhäufung gewisser Endproducte des ihre Thätigkeit begleitenden chemischen Vorganges hervorgeht. Ausserdem sind die Muskeln, wie Duchenne gezeigt hat, empfindlich gegen den elektrischen Strom, welcher ein von dem Hautgefühl ganz unabhängiges, eigenthümliches Zittergefühl hervorruft, das auch dann noch vom Muskel gefühlt wird, wenn er von seiner Hautbedeckung entblösst ist.

Die Muskeln sind auch noch der Sitz der sehr schmerzhaften Krampfgefühle; diese wurden bisher hauptsächlich auf eine Compression der sensorischen Nerven, welche durch den Muskel ziehen, zurückgeführt, und nicht auf eine Neurose der Muskelnerven selbst. Allein damit ist keine genügende Erklärung der Thatsachen geliefert. Vulpian zeigte, dass Contractionen in jedem Sinne ebenso kräftig wie die für den Krampf charakteristischen Zusammenziehungen, aber ohne das schmerzhaft Krampfgefühl, statthaben können, was ja nicht möglich wäre, wenn dieses in Wirklichkeit nur durch die mechanische Compression der durchziehenden oder anliegenden sensorischen Nerven erzeugt würde. Es ist daher wahrscheinlich, dass die Muskeln ihre eigenen sensorischen Nerven haben und dass sowohl der Schmerz, als auch die Contractionen, welche den Krampf charakterisiren, einer Neurose der Muskelnerven ihre Entstehung verdanken. Sachs¹⁾ hat die sensorischen Nerven für die Muskeln in der That nachgewiesen. Dieselben stammen aus den hinteren Wurzeln der Spinalnerven und unterscheiden sich in Verlauf und Ausbreitung von den motorischen Nerven. Rauber²⁾ hat in den Muskelfascien pacinische Körperchen gefunden und nach Durchschneidung der zu diesen ziehenden Nerven ataktische Erscheinungen beobachtet. Wir sind allerdings nicht in der Lage, mit voller Entschiedenheit zu behaupten, dass die sensorischen Muskelnerven für sich allein fähig sind, die durch Muskelcontraction hervorgerufenen Empfindungen zum Gehirne zu leiten; aber gerade die elektrische Empfindlichkeit der Muskeln spricht sehr dafür, dass jenen Muskelnerven wenigstens ein Antheil an der Entstehung der Muskelsinnesempfindungen zukommt.

Es kann als allgemeine Regel gelten, dass Verminderung der Tastempfindlichkeit mit Abschwächung des Muskelsinnes correspondirt, doch giebt es gewisse Fälle, in welchen beide Wirkungen nicht gleichen Schritt halten. Diese Besonderheiten in der Leitung verschiedener Arten von Eindrücken sind noch nicht genügend erklärt; doch kennen wir kein Beispiel von pathologischem Verlust des Muskelsinnes ohne grössere oder geringere Abschwächung der tactilen Empfindlichkeit. Thatsachen der Pathologie und des Experimentes stehen uns hier zu Gebote. Durchschneidet man die hinteren Wurzeln, wie in den Versuchen

¹⁾ Centralblatt f. d. med. Wissenschaften, 1873. ²⁾ Ibidem 1867.

von Bernard, so scheint zugleich der Muskelsinn vernichtet zu werden. In pathologischen Fällen, in welchen die tactile Sensibilität gänzlich aufgehoben ist, geht auch der Muskelsinn verloren. Es entsteht ein Zustand, der Aehnlichkeit hat mit motorischer Lähmung, trotzdem in der That die Muskelkraft nicht vernichtet ist; denn obwohl keine directe Empfindung von der Bewegung selbst vorhanden ist, so können die Glieder doch unter Zuhülfenahme des Gesichtssinnes bewegt werden: ein solcher Zustand tritt nicht selten bei der cerebralen Hemianästhesie ein. Es ist ja eine wohlbekannte Thatsache, dass einer der Zweige des Trigeminus, der *ramus maxillaris superior*, einst für einen motorischen Nerven gehalten wurde, während in Wirklichkeit die Unbeweglichkeit, welche sich nach seiner Durchtrennung zeigte, nur in einer Empfindungslähmung begründet war.

Ferner lehrt die pathologische Anatomie, dass in Fällen von Bewegungsataxie, in welchen der Muskelsinn verloren gegangen war, die vorderen Spinalnervenzurzen (welche nach Brown-Séguard ebenfalls diese Leistung unterstützen sollen) vollkommen frei von irgendeiner erkennbaren Läsion gefunden wurden. Diese Thatsachen scheinen entschieden zu beweisen, dass jene Eindrücke, welche durch die Muskelaction direct hervorgerufen werden, sich der hinteren Wurzeln und der übrigen centripetalen Bahnen als Leitorgane bedienen.

Ob wir auch ein Bewusstsein von der Muskelkraft, abgesehen von der Muskelcontraction überhaupt, annehmen dürfen, wie dies Bain thut, soll später untersucht werden (§. 75).

Wir haben kein Recht, die Incoordination bei der Bewegungsataxie nur durch den Verlust des Muskelsinnes zu erklären, da die Ataxie häufig auch ohne besondere Abschwächung dieser Fähigkeit beobachtet wird (Leyden¹). Andererseits kann man auch nicht sagen, dass die Ataxie in dem Verluste der Hautsensibilität im Allgemeinen begründet sei; denn bei dieser Krankheit können Temperaturunterschiede und schmerzhaft e Eingriffe noch empfunden werden, daher vermögen die Hautempfindungen nicht unter jeder Form, sondern nur als Contactempfindung, die Coordinationscentren für das Gleichgewicht und für die Locomotion anzuregen.

In gewissen Fällen, gewöhnlich hysterischer Natur, in welchen Verlust der Hautempfindlichkeit ohne Ataxie vorliegt, ist

¹) Leyden, Muskelsinn und Ataxie, Virch. Archiv, 47. Bd.

die Ursache des Mangels solcher Sinneswahrnehmungen in einer organischen oder functionellen Affection der höheren Gehirncentren zu suchen, welche oberhalb der in Betracht stehenden, vom Bewusstsein unabhängigen, Coordinationscentren liegen. Eine Verletzung der centripetalen Bahnen unterhalb des Mittelhirnes muss die Leitung der Eindrücke in der Weise hemmen, dass dieselben einerseits nicht mehr zu den Mittelhirncentren gelangen können, und dass andererseits auch Anästhesie entsteht; eine Läsion oberhalb des Mittel- und Kleinhirnes hingegen kann Anästhesie ohne ataktische Erscheinungen erzeugen, indem ja diese Centren fortwährend noch in normaler Verbindung mit jenen zuführenden Bahnen bleiben, welche einen integrierenden Factor für ihre Thätigkeit bilden.

Gerade so wie besondere Reflexthätigkeiten durch verschiedenartige Reize beim decapitirten Frosch angeregt werden, so zeigt es sich, dass auch die Mittel- und Kleinhirncentren einer besonderen Art tactiler Eindrücke bedürfen, um in entsprechende Thätigkeit zu treten.

Ob wir nun mit Brown-Séguard annehmen, dass die verschiedenartigen Eindrücke auch in differenten Nervenbahnen geleitet werden, oder aber mit Vulpian sagen, dass die Verschiedenartigkeit der Empfindungen nur bedingt ist durch die Natur des an die peripheren Ausbreitungen der Nerven angreifenden Reizes: in jedem Falle können wir die Möglichkeit solcher Erkrankungen annehmen, bei welchen die Leitung einer gewissen Art von Eindrücken aufgehoben ist, während sie für die übrigen Eindrücke verhältnissmässig nicht geschädigt erscheint. Die klinischen Erfahrungen zeigen hinlänglich, dass bei der Bewegungsataxie hauptsächlich die Leitung der Contactempfindungen leidet; dass es aber die Hinterstränge des Rückenmarkes sind, welche bis zu einem gewissen Grade bei der Leitung dieser Eindrücke in Anspruch genommen werden, beweisen die Versuche von Schiff und Sanders-Ezn. Es ist sehr schwer, diese Frage durch Versuche an Thieren zu entscheiden; denn wenn nach Durchschneiden der Hinterstränge auf gewisse tactile Reize noch eine Abweichung folgen, so widerlegt dies nicht jene Annahme, dass die Hintersträngen besondere Functionen bei der Leitung solcher Reize einräumt, durch welche die Coordinationscentren für die Equilibrium und für die Locomotion in Thätigkeit versetzt werden.

Es geht demnach aus den Versuchen am enthäuteten Frosch sowohl, als aus den Erscheinungen der Bewegungsataxie hervor, dass die tactilen Empfindungen einen wesentlichen Factor jener Gesamtempfindung ausmachen, von welcher die Thätigkeit der in Rede stehenden Centren abhängt.

Der Einfluss der Gesichtseindrücke.

§. 24. Die Erhaltung des Gleichgewichts und die Bewegungs-coordination sind nicht nothwendiger Weise von den Gesichtseindrücken abhängig, indem ja die tactilen Eindrücke und die vom Labyrinthe zugeführten Empfindungen dazu allein schon genügend sind; doch kommt ihnen immerhin eine beträchtliche Bedeutung zu, und sie können in gewissem Maasse den Verlust tactiler Eindrücke compensiren. Wir haben gesehen, dass bei der Bewegungsataxie Gleichgewichtserhaltung und Coordination nicht unmöglich sind, trotz des Defectes auf tactilem Gebiete, so lange noch die Gesichtseindrücke fortauern; werden aber auch noch diese durch Schliessen der Augen oder durch Abhaltung des Lichtes ausgeschlossen, so wird dadurch der centrale Gleichgewichtsmechanismus vollständig in Unordnung gebracht. Bei den Compensationsversuchen spielt sicherlich auch der Wille eine bedeutende Rolle, aber dann werden eben die Centren der Wahrnehmung und des Willens mit in Thätigkeit gebracht. Allein es sind auch die Willensanstrengungen, wenn sie nicht gleichsam durch die Gesichtseindrücke geleitet werden, keineswegs im Stande, für sich allein den Verlust der tactilen Empfindungen zu ersetzen. Wir erkennen in diesem Falle, dass eine unmittelbare Gesichtswahrnehmung im Gegensatze zu einer mittelbaren, gewissermassen im Gehirne aufbewahrten, nothwendig ist, um die normale Thätigkeit der Coordinationscentren aufrecht zu erhalten: eine Thatsache, welche zeigt, dass diese Phänomene ausschliesslich ästhetiko-kinetischer Natur sind. Es braucht nur auf einzelne Experimente hingewiesen zu werden, welche zeigen, dass eine directe Störung des Gleichgewichtes, bloss durch Vermittlung der Sehorgane trotz des normalen Fortbestehens aller übrigen Empfindungen, hervorgerufen werden kann. Longet fand, dass die plötzliche Zerstörung eines Auges bei einer Taube mitunter das Thier für

einige Zeit zu einer Drehung um seine verticale Axe veranlasste. Manche, wie Vulpian und Andere, erklärten diese Drehung als willkürlich, bloss aus der Furcht des Thieres vor der Finsterniss auf der einen Seite, und aus dem Wunsche entstanden, Gesichtseindrücke von beiden Seiten zu erhalten. Dies scheint mir jedoch keine zutreffende Erklärung der Erscheinungen. Es ist vielmehr, wie ich denke, wahrscheinlich, dass diese Rotation eine einseitige Verdrehung ist, entstanden durch den plötzlichen Ausfall der Gesichtseindrücke auf einer Seite, eine functionelle Störung, welche sich bald wieder ausgleicht. Eine solche Functionsstörung des Coordinationscentrums tritt als Schwindel vor das Bewusstsein, welcher demnach die subjective Seite der Störung eines ästhetiko-kinetischen, sich selbst regulirenden Mechanismus darstellt. Das Schwindelgefühl aber kann in secundärer Weise Willensanstrengungen hervorrufen, sei es, um einer Verdrehung durch andere antagonistische Muskeln vorzubeugen, sei es, um die herrschende Reflex Tendenz gänzlich zu unterdrücken. Eine oder die andere dieser verschiedenen Ursachen ist hinreichend, um es zu erklären, weshalb die nach Störungen des Gesichtssinnes anfänglich eintretenden Unordnungen im Gleichgewichte bald wieder aufhören.

Der bedeutende Einfluss der Gesichtseindrücke auf die Fähigkeit das Gleichgewicht zu erhalten, macht sich ferner deutlich in jenen Gleichgewichtsstörungen bemerkbar, welche bei der Lähmung gewisser Augenmuskeln, wenn sie auch rein peripheren Ursprunges sind, auftreten. Der Schwindel, welcher den Nystagmus (krampfhaftes Oscilliren der Augen) begleitet, braucht nicht immer peripheren Ursprunges zu sein; wenn aber der *rectus externus* durch Erkrankung des sechsten Nerven, oder wenn die vom *N. oculomotorius* versorgten Muskeln gelähmt sind, so ist eines der charakteristischen Symptome der Schwindel, das Schwanken, welches eintritt, sobald der Kranke in einer gegebenen Direction mit geschlossenem gesundem Auge zu gehen versucht. Die abnormen Bedingungen, unter denen sich das Sehorgan befindet, verursachen eine Unregelmässigkeit in der Coordination, wozu sich das subjective Gefühl des Schwindels gesellt.

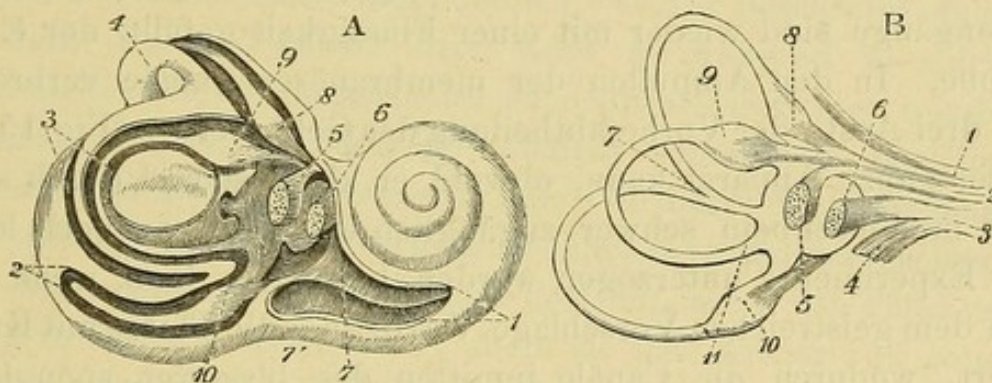
Wenn also auch die Erhaltung des Gleichgewichtes und die Coordination der Bewegungen, unabhängig von den Gesichtseindrücken, möglich sind, so können sie bei Ausschliessung der letzteren doch nicht mit derselben Präcision oder Sicherheit wie früher ausge-

führt werden: eine Thatsache, welche bewiesen wird durch den unsicheren, schwankenden Charakter, den gerade jene motorischen Leistungen von sonst vorzüglich automatischer Natur dann annehmen, wenn die Augen geschlossen oder überhaupt Lichteindrücke vollständig abgehalten werden.

Der Einfluss der durch das Ohrlabyrinth zugeführten Eindrücke.

§. 25. Ihnen kommt in Beziehung auf die Aufrechterhaltung des Gleichgewichtes die grösste Bedeutung zu. Dies hat zuerst Flourens ¹⁾ durch seine bemerkenswerthen Experimente an den halbzirkelförmigen Canälen der Taube gezeigt. Das innere Ohr oder das Labyrinth ist in das Felsenbein eingebettet und besteht

Fig. 15.



Das rechte Ohrlabyrinth nach Breschet.

A. Die äussere Wand der knöchernen Canäle ist entfernt, so dass die inneren membranösen Bogengänge erscheinen. 1. Anfang des Spiralganges der Schnecke. 2. Hinterer Bogengang, theilweise geöffnet. 3. Aeusserer oder horizontaler Bogengang. 4. Oberer Bogengang. 5. *Utriculus*. 6. *Sacculus*. 7. *Lamina spiralis*. 7'. *Scala tympani*. 8. 9. 10. Ampulle des oberen, des horizontalen und des hinteren, häutigen Bogenganges. — B. Die membranösen Bogengänge und die Nerven sind frei gelegt. 1. *Nervus facialis* im *meatus auditorius internus*. 2. Vordere Abtheilung des *nervus acusticus*, von welchem Aeste zum *utriculus* (5), der Ampulle des oberen (8) und der Ampulle des horizontalen (9) Bogenganges gehen. 3. Hintere Abtheilung des *nervus acusticus* mit Aesten zum *sacculus* (6), zur hinteren Ampulle (10) und zur Schnecke (4). 7. Gemeinsamer Theil des oberen und des hinteren Bogenganges. 11. Hinteres Ende des horizontalen Bogenganges.

aus einer Abtheilung, dem sogenannten *vestibulum*, welche nach vorne zu mit der Schnecke, nach hinten mit den halbzirkelförmigen Canälen (Bogengängen) zusammenhängt. Gegen aussen

¹⁾ Flourens l. c.

hin öffnet sich das Labyrinth nach der Trommelhöhle (Fig. 15, A). Die halbzirkelförmigen Canäle bilden drei knöcherne Röhren, welche mit dem *vestibulum* durch fünf Oeffnungen zusammenhängen, indem zwei von den Canälen sich an einem Ende vereinigen (Fig. 15, B, 7). Jeder dieser Canäle stellt zwei Drittheile eines Kreises dar und zeigt an dem einen Ende eine Erweiterung, die Ampulle. Nach ihrer Lage werden diese Canäle in den oberen verticalen (Fig. 15, A, 4), in den hinteren verticalen (Fig. 15, A, 2) und in den horizontalen Bogengang (Fig. 15, A, 3) unterschieden. Innerhalb jedes der knöchernen Bogengänge befindet sich ein häutiger Canal (Fig. 15, B) von derselben Gestalt wie der knöcherne, aber von geringerem Durchmesser und von den knöchernen Wänden durch eine Flüssigkeit, die Perilymphe, getrennt. Jeder der häutigen Canäle hat auch seine Ampulle, entsprechend der des knöchernen, und alle Canäle communiciren mit einem im *Vestibulum* gelegenen gemeinschaftlichen Sinus, dem *Utriculus* (Fig. 15, A, 5). Die häutigen Bogengänge sind wieder mit einer Flüssigkeit gefüllt, der Endolymphe. In den Ampullen der membranösen Canäle verbreiten sich drei Aeste der Vorhofabtheilung des Gehörnerven (Fig. 15, B). Dieser ganze Apparat kann, obwohl er klein ist und durch seine Lage im Felsenbein schwer zugänglich erscheint, dennoch leicht dem Experimente unterzogen werden, besonders dann, wenn man nach dem geistreichen Vorschlage Vulpian's die Thiere mit Krapp füttert, wodurch die Canäle inmitten des blasserem spongiösen Knochengewebes intensiv roth gefärbt erscheinen.

Sehr eigenthümliche Gleichgewichtsstörungen treten auf, wenn die häutigen Canäle angeschnitten werden, Erscheinungen, welche sich je nach dem Sitze der Läsion verschiedenartig darstellen. Werden die horizontalen Canäle getrennt, so folgen äussert rasche Bewegungen des Kopfes von einer Seite zur anderen in einer horizontalen Ebene, zugleich mit Oscillationen der Augen; dabei ist das Thier bestrebt, sich um seine verticale Axe zu drehen. Werden die hinteren oder unteren verticalen Canäle durchschnitten, so wird der Kopf rasch nach rück- und vorwärts bewegt und das Thier selbst mit Gewalt nach rückwärts gerissen: es führt einen Purzelbaum nach rückwärts aus. Wenn man endlich die oberen verticalen Canäle verletzt, so wird der Kopf rasch nach vor- und rückwärts gerissen, und das Thier macht einen Purzelbaum nach vorn. Combinirte Verletzungen der verschiedenen Canäle brin-

gen äusserst bizarre Verdrehungen und Bewegungen des Kopfes und des Körpers hervor.

Dass ähnliche Erscheinungen, wie sie zuerst von Flourens an Tauben beschrieben und von vielen Anderen später bestätigt sind, auch bei Säugethieren nach Verletzung der halbzirkelförmigen Canäle auftreten, hat ebenfalls Flourens zuerst gezeigt, und wir kennen ferner eine Krankheit, die Menière'sche Krankheit, welche uns beweist, dass dasselbe auch vom Menschen gilt.

Tauben, deren halbzirkelförmige Canäle verletzt worden sind, können unbegrenzte Zeit am Leben erhalten bleiben, wie dies Flourens und Goltz¹⁾ gezeigt haben. Sind die Bogengänge bloss an einer Seite verletzt, so gewinnen die Thiere schliesslich wieder die Fähigkeit, ihre normale Stellung aufrecht zu erhalten; ist hingegen die Verletzung eine beiderseitige gewesen, dann erholen sie sich niemals wieder gänzlich. Die sonderbarsten Stellungen werden dann eingenommen. Goltz beschreibt eine so behandelte Taube, welche ihren Kopf fortwährend in solcher Weise hielt, dass sie, den Scheitel nach abwärts gerichtet, mit dem Hinterhaupt ihre Brust berührte, mit dem rechten Auge nach links und mit dem linken nach rechts sah. In dieser Stellung wurde der Kopf fast unaufhörlich wie ein Pendel hin- und hergeschwungen. Diese Bewegung des Kopfes hört auf, wenn das Thier vollständig in Ruhe gelassen wird; allein sie tritt wieder auf, sobald es gestört wird oder freiwillige Versuche zu gehen macht. Häufig kommt es zu plötzlichen Schwindelanfällen, das Thier wankt oder fällt. Fliegen ist ihm unmöglich; wird es in die Luft geworfen, so schlägt es allerdings mit den Flügeln, allein fruchtlos, es fällt herab wie ein Stein. Es ist vollkommen ausser Stande, seine Bewegungen so einzurichten, dass das Gleichgewicht erhalten bleibt, sobald seine Unterlage geneigt oder geschüttelt wird. Das so operirte Thier kann allerdings fressen und saufen, aber wegen der abnormen Stellung und Bewegung seines Kopfes und Körpers nur unter grossen Schwierigkeiten.

Wie sind nun diese sonderbaren Erscheinungen zu erklären? Die erste Vermuthung, welche sich aufdrängt, ist die, dass sie von einer Gehörstörung abhängen, indem ja die Läsion das Gehörorgan trifft. Allein diese Auffassungsweise ist ungenügend, nach-

¹⁾ Goltz, Pflüger's Archiv f. d. ges. Physiologie 1870.

Ferrier, die Functionen des Gehirnes.

dem schon Flourens gezeigt hat, dass die Thiere, welche in dieser Weise verletzt worden sind, noch ihren Gehörsinn besitzen, wenigstens soweit es sich um Schallwellen der Luft handelt. Wurde die Schnecke allein zerstört, so verlor das Thier allerdings sein Gehör, aber nicht das Gleichgewichtsvermögen. Man kann andererseits auch nicht sagen, dass die Gleichgewichtsstörungen in nothwendigem Zusammenhange mit einer, die bewussten Wahrnehmungen irgend welcher Art betreffenden, Affection stehen, indem ja Flourens dieselben Erscheinungen noch an Tauben erhielt, denen er vorher die Grosshirnhemisphären entfernt hatte. Vulpian, Brown-Séguard und Andere schreiben die in Rede stehenden Erscheinungen einer reflectorischen Bewegungsstörung zu, welche durch den Reiz des mechanischen Eingriffes hervorgerufen werde. Diese Annahme könnte allerdings genügen zur Erklärung der ersten Erscheinungen nach der Verletzung, allein gewiss nicht für die späteren, da sie ja noch lange fortdauern, nachdem die Wunde schon vollständig geheilt ist. Wir müssen demnach nach einer mehr befriedigenden Erklärung suchen. Durch die Versuche Brown-Séguard's, welcher sehr deutliche Gleichgewichtsstörungen nach Durchschneidung des Gehörnerven innerhalb der Schädelhöhle fand, ist es nachgewiesen, dass die gedachten Erscheinungen durch Alterationen gewisser sensorischer Eindrücke, welche auf die Centralorgane der Coordination einwirken, hervorgerufen werden. Goltz zeigte dies auch sehr schön an Fröschen. Sobald der Gehörnerv eines Frosches an beiden Seiten durchschnitten worden ist, verliert das Thier die Fähigkeit, im bereits früher beschriebenen Balancirexperiment sein Gleichgewicht aufrecht zu erhalten. Wird sein Bein gereizt, so springt es wie früher. Allein statt wieder auf seine Füße zu kommen, fällt es auf den Rücken oder in einer anderen unregelmässigen Weise, und rollt lange herum, bevor es seine normale Stellung wieder gewinnt. Diese Erscheinungen könnten vielleicht auf die Verletzung irgend eines Gehirntheles beim Versuche, den Gehörnerven innerhalb des Schädels zu durchschneiden, zurückgeführt werden. Allein die letztere Ansicht wird durch die Thatsache widerlegt, dass man die gleichen Resultate erhält, wenn nur jenes Stück des Schädels, welches das innere Ohr enthält, exstirpirt wird, ohne die Schädelhöhle selbst zu eröffnen. Die sonderbare Stellung des Kopfes bei Tauben, an welchen die halbzirkelförmigen Canäle zerstört worden sind, ist auch nicht

die Folge einer durch active Muskelcontraction hervorgerufenen Verdrehung; denn wenn der Kopf, was ohne Widerstand leicht geschehen kann, in seine richtige Lage zurückgebracht wird, so beruhigt sich das Thier gänzlich und vermag sich leicht in dieser Lage zu erhalten. Wird sein Schnabel nun in das Futter oder in das Wasser gesteckt, so kann es einige Zeit auch fressen und saufen, ganz in der normalen Weise, und kehrt erst dann in seine frühere absonderliche Stellung zurück, wenn sein Kopf weggezogen wird.

Aus diesen Thatsachen schliesst Goltz, dass die halbzirkelförmigen Canäle ein Organ darstellen, welches der Ausgangspunkt eigenthümlicher Eindrücke ist, die zur Erhaltung des Gleichgewichtes des Kopfes, und damit auch des ganzen Körpers, nothwendig sind. Nach dem Wegfallen dieser Eindrücke, welche vom Labyrinthe kommen, sind die optischen und tactilen Einwirkungen für sich allein nicht mehr im Stande, die harmonische Thätigkeit der Gleichgewichtscentren zu erhalten. Die genauere Erforschung der aus dem Labyrinthe entspringenden Eindrücke, sowie die Frage nach den von jedem einzelnen halbzirkelförmigen Canale aufgenommenen Eindrücken, bildeten den Gegenstand zahlreicher sorgfältiger Untersuchungen, besonders von Goltz ¹⁾ Mach ²⁾, Breuer ³⁾, Crum-Brown ⁴⁾ und Cyon ⁵⁾.

Diese eigenthümlichen Eindrücke, welche wir den Bogenängen des Ohres verdanken, werden durch die Druckschwankungen der Endolymphe innerhalb der Ampullen, woselbst sich die Nervenendigungen befinden, hervorgebracht. So lange der Kopf ruhig aufrecht gehalten wird, befindet sich diese Flüssigkeit ebenfalls in Ruhe unter bestimmten Druckverhältnissen, die sich aber bei jeder Bewegung des Kopfes in der Weise ändern, dass, nach den physikalischen Gesetzen des Druckes in Flüssigkeiten, der Druck in der tiefststehenden Ampulle am stärksten wird.

¹⁾ Goltz l. c.

²⁾ Mach, Physikalische Versuche über den Gleichgewichtssinn des Menschen. Sitzb. d. k. Akd. d. Wiss. zu Wien. 68. u. 69. Bd.

³⁾ Breuer, Ueber die Function der Bogengänge des Ohrlabyrinthes. Jahrbüch. d. Ges. d. Aerzte zu Wien 1874.

⁴⁾ Crum-Brown, Journ. of Anatomy and Physiology. May 1874.

⁵⁾ Cyon, Les organes périphériques du sens de l'espace (comptes rendus, Séance 31. Dec. 1877) u. Thèse de Paris 1878.

Neigen wir beispielsweise den Kopf nach rechts, so sind es hauptsächlich die horizontalen Bogengänge, in denen bedeutende Druckschwankungen stattfinden: an der rechten Seite strömt die Flüssigkeit aus der Ampulle, der Druck wird in ihr geringer, links hingegen fließt die Endolymphe in die Ampulle hinein, so dass der Druck daselbst steigt; es findet demnach bei Neigung des Kopfes nach rechts Drucksteigerung in der Ampulle des linken horizontalen Bogenganges statt, und ebenso umgekehrt. Diese Druckschwankungen sind es nun, durch welche das Coordinationscentrum in Thätigkeit versetzt, das Gleichgewicht aufrecht erhalten wird. Werden aber diese Druckverhältnisse durch Verletzung der Canäle künstlich alterirt, so resultirt eine Störung des Gleichgewichtes als nothwendige Folge dieses Eingriffes, welche verschieden ist je nach dem Sitze der Läsion und nach der Art der dadurch gestörten Eindrücke. Diese ampullären Druckschwankungen versetzen uns ferner in die Lage, Drehungen des Kopfes oder des Körpers mit Rücksicht auf ihre Axe, Stärke und Richtung, ohne Mitwirkung von Gesichts- oder Gefühlseindrücken zu beurtheilen. Wenn wir einen Menschen mit geschlossenen Augen auf eine sich drehende Scheibe setzen, so ist er bis zu einem gewissen Grade immer noch im Stande, die Richtung und den Winkel der Drehung anzugeben. Wird aber die Drehung fortgesetzt, so vermindert sich nach und nach die Empfindlichkeit für die Wahrnehmung der Rotation und verschwindet endlich gänzlich. Sobald wir nun die Drehung plötzlich unterbrechen, so hat das Individuum das Gefühl, als ob es nach der entgegengesetzten Seite gedreht würde; öffnet es aber die Augen, so verursacht dieses Nichtübereinstimmen der Gesichts- und der Gefühlswahrnehmungen mit den Empfindungen des Labyrinthes ein subjectives Schwindelgefühl. Es wird nämlich in denjenigen Bogengängen, welche senkrecht auf der Drehungsebene stehen, die Endolymphe während der Rotation vermöge ihrer Trägheit in entgegengesetzter Richtung gegen die Ampullarnerven drücken. Dies gleicht sich nach und nach, wenn die Flüssigkeit zu ebenso schneller Bewegung gelangt ist, wie die Umgebung, wieder aus. Allein beim plötzlichen Aufhören der Drehung bleibt die Flüssigkeit noch in Bewegung und erzeugt dadurch das Gefühl einer Drehung im umgekehrten Sinne. Nach und nach in Folge der Reibung verschwindet dieser Druck, und damit hören auch die Erscheinungen auf.

Crum-Brown¹⁾ beschreibt den Entstehungsmechanismus dieser Eindrücke folgendermassen: „Jeder Bogengang besitzt nur eine Ampulle an einem Ende; es besteht demnach eine physikalische Differenz, je nachdem die Drehung so erfolgt, dass die Ampulle voran, oder dass sie zu hinterst liegt. Wir können wohl auch annehmen, dass nur bei der Drehung in dem einen Sinne die Nervenenden überhaupt erregt werden, wenn nämlich die Drehung gegen die Ampulle hin stattfindet; es strömt dann begreiflicherweise die Flüssigkeit aus der Ampulle in den Bogengang. Jeder Canal kann demnach unter dieser Voraussetzung nur den Eindruck der Drehung in einer Axe und in einer Richtung aufnehmen und vermitteln, so dass für die vollständige Drehungsempfindlichkeit in jeder Richtung und um jede Axe sechs halbzirkelförmige Canäle nothwendig sind, drei Paare, von denen jedes aus zwei parallelen (oder in der gleichen Ebene gelegenen) Bogengängen besteht, deren Ampullen in entgegengesetzter Richtung angebracht sind. Jedes Paar ist dann empfindlich für Rotationen in einer auf ihre Ebene (oder Ebenen) senkrechten Axe, und zwar so, dass der eine Bogengang nur durch Drehung in einem, der andere durch Drehung im entgegengesetzten Sinne erregt wird.“

Diese Bedingungen werden auch in der Weise erfüllt, dass die beiden horizontalen Bogengänge sich in der gleichen Ebene befinden, während der obere verticale Canal der einen, sowie der hintere verticale der anderen Seite, und umgekehrt, ebenfalls in einer und derselben Ebene liegen. Es befindet sich demnach „der horizontale (äussere) Bogengang in einer auf der Medianebene senkrechten, die beiden anderen Canäle (der obere und der hintere) in einer gegen die Medianebene gleichartig geneigten Ebene.“ In den Bogengängen des inneren Ohres haben wir demgemäss einen selbstthätigen Apparat für die Aufnahme und Weiterbeförderung von solchen Eindrücken, welche vermittelt der Coordinationscentren des Gehirnes die zur Erhaltung des Gleichgewichtes mit Rücksicht auf jede Stellung des Kopfes nothwendigen Muskelbewegungen veranlassen. Da nach unseren früheren Betrachtungen das Vorhandensein der Grosshirnhemisphären für die Erhaltung des Gleichgewichtes nicht nothwendig ist, so spielt bei dem eben beschriebenen Mechanismus das Bewusstsein zunächst keine noth-

¹⁾ Crum-Brown, l. c. p. 330.

wendige Rolle. Sind aber die Hemisphären vorhanden, dann erzeugt jede Störung in den ampullären Empfindungen, oder jede Disharmonie zwischen diesen und den anderen bei der Gleichgewichtserhaltung thätigen centripetalen Factoren, nicht bloss eine physische Incoordination, sondern auch ein subjectives Gefühl, welches wir Schwindel nennen. Der Schwindel kann seinerseits wieder Complicationen in dem für gewöhnlich bloss reflectorisch wirksamen Mechanismus erzeugen, sobald durch ihn gewisse hemmende oder compensatorische Willensthätigkeiten angeregt werden.

In der menschlichen Pathologie zeigt sich die Bedeutung der Bogengänge für die Erhaltung des Gleichgewichtes in der Menière'schen Krankheit, welche den Namen nach Menière, ihrem ersten Beobachter, erhalten hat. Sie charakterisirt sich durch plötzliche Anfälle von Schwindel und Uebelkeit, daneben gewöhnlich durch Sausen oder Schmerzen im Ohre, welche den Anfällen vorangehen, oder sie begleiten. Es zeigte sich, dass diese Erscheinungen mit einer Erkrankung der Bogengänge zusammenhängen, wie dies auch durch das Thierexperiment bestätigt wird. Ausser der Aehnlichkeit hinsichtlich der Schwindelbewegungen, besteht auch noch eine weitere Analogie in dem Auftreten von Uebelkeit und Erbrechen, welches Czermak¹⁾, neben den anderen Erscheinungen, nach Verletzung der halbzirkelförmigen Canäle bei Tauben gewöhnlich beobachtete. (Vergl. auch §. 45.)

Cyon²⁾ fasst die Bogengänge als die peripheren Organe des Raumsinnes auf, und zwar vermittele jeder der drei Bogengänge die Wahrnehmung je einer Dimension, aus welcher Gesamtwahrnehmung sich in unserem Gehirne die Vorstellung eines „idealen Raumes“ der uns umgebenden Objecte herstelle. Das Centralorgan dieses Raumsinnes stehe der Innervationsstärke für die verschiedenen einzelnen Muskeln vor. Die Erscheinungen nach Verletzung der Bogengänge würden sich also erklären aus dem Schwindel, welcher durch das Nichtübereinstimmen zwischen dem gesehenen und dem idealen Raum hervorgerufen wird, ferner aus den falschen Vorstellungen, die wir über die Stellung unseres Körpers im Raume erhalten, und aus der ungleichmässigen, unpassenden Vertheilung der Kraft an die einzelnen Muskeln.

¹⁾ Czermak, Notiz über eine neue Folgeerscheinung nach Durchschneidung der Semicircularcanäle bei Vögeln. Jenaische Zeitschrift III. 1866.

²⁾ Cyon, l. c.

§. 26. Wir haben bisher den Einfluss der tactilen Eindrücke, der Gesichtseindrücke und der durch das Labyrinth vermittelten Empfindungen auf die Functionen der Gleichgewichtserhaltung und der Coordination in Betracht gezogen und gezeigt, dass sich die Bedeutung jedes dieser drei Factoren auf experimentellem Wege nachweisen lässt. Wenn sie nun allerdings die wichtigsten centripetalen Bestandtheile dieses Gesamtmeehanismus darstellen, so ist damit die mögliche Mitwirkung noch anderer als der genannten Factoren nicht gänzlich ausgeschlossen. Es sind nun freilich keine Thatsachen der Pathologie oder Physiologie bekannt, welche darzuthun vermöchten, dass Geruchs- oder Geschmacksempfindungen irgend einen directen Einfluss auf die Coordinationscentren ausüben; doch glaube ich, dass ein solcher gewissen visceralen Empfindungen zugeschrieben werden darf. Es ist nämlich bekannt, dass die Katzen und andere Felisarten, überhaupt solche Thiere, welchen in auffallenderem Grade eine besondere Geschicklichkeit in der Erhaltung des Gleichgewichtes eigen ist, in ihrem Mesenterium eine relativ grosse Zahl von pacinischen Körperchen besitzen, die ja besonders geeignet sind, Druckempfindungen dem Sensorium zuzuführen. Aller Wahrscheinlichkeit nach sind sie die Quelle solcher Empfindungen, welche durch die wechselnde Lage der Eingeweide bedingt werden, und durch welche bei den raschen Körperbewegungen dieser Thiere theilweise der Grad der Muskelactionen regulirt wird. Allerdings kann ich kein physiologisches Experiment anführen, welches direct die Lösung dieser Frage bezweckt; sie ist überhaupt in Anbetracht der vielen sich dabei herausstellenden Complicationen dem Experimente schwer zugänglich.

Die folgenden Betrachtungen über den Einfluss visceraler Empfindungen auf die Gleichgewichtscentren des Gehirnes sind daher mehr hypothetischer Natur. Eine Erscheinung, welche sehr häufig Störungen des Gleichgewichtes begleitet, ist ein gewisses unangenehmes Gefühl von Depression mit Uebelkeit oder Erbrechen. Wie schon oben erwähnt wurde, tritt Erbrechen häufig bei Tauben nach Verletzung der Bogengänge auf, ebenso in den Anfällen der Menière'schen Krankheit. Ferner ist das Erbrechen ein sehr häufiges Symptom von Erkrankungen des Kleinhirnes, einem wichtigen Gleichgewichtscentrum. Es ist demnach nicht unwahrscheinlich, dass die Eingeweide und die Gleichgewichtscentra in einer gewissen Beziehung zu ein-

ander stehen und sich gegenseitig influenciren. Diese Ansicht wird auch durch die Erscheinungen einer besonderen Störung der Verdauungsorgane unterstützt, welche sich durch plötzliche Schwindelanfälle charakterisirt, von Trousseau als: *vertigo a stomacho laeso* (Magenschwindel) beschrieben wurde und höchst wahrscheinlich durch abnorme Sensationen in den Eingeweidenerven bedingt ist. Reizung der Eingeweide, ob sie nun Schwindel erzeugt oder nicht, ruft gewöhnlich Uebelkeit und Erbrechen hervor, und umgekehrt manifestiren sich Störungen im Gleichgewichtsmechanismus, sei es, dass sie durch eine centrale Erkrankung oder durch einen zum Centrum fortgeleiteten Reflexreiz, wie z. B. bei Verletzung der Bogengänge, bedingt sind, auf motorischer Seite durch Schwanken und Taumeln und auf visceralem Gebiete durch Erbrechen. Auch in der Seekrankheit zeigt sich die Beziehung zwischen den Eingeweiden und den Gleichgewichtscentren. Das Uebelsein und das Erbrechen mag theilweise der viscerele Ausdruck einer Gleichgewichtsstörung sein; da aber die Seekrankheit auch in liegender oder sitzender Stellung und selbst dann noch eintritt, wenn die Augen geschlossen werden, so müssen meiner Meinung nach Erbrechen und Schwindel eher auf eine Aenderung der normalen Druckverhältnisse in den Eingeweiden zurückgeführt werden, welche aus dem wiederholten und unregelmässigen Steigen und Fallen der Basis hervorgeht. Es kann in der That ein der Seekrankheit ähnlicher Zustand bei Thieren bloss durch mechanische Reizung des Magens und der Eingeweide erzeugt werden. Diese Beziehungen, welche wie die früher experimentell nachgewiesenen Beziehungen der obigen drei Factoren, den Eingeweiden zu den Gleichgewichtscentren zukommen, bedürfen aber noch weiterer Untersuchungen.

II. Die Coordination der Bewegungen.

§. 27. Thiere, denen ihre Grosshirnhemisphären entfernt wurden, sind nicht bloss im Stande, sich im Gleichgewichte zu erhalten, sie können auch in ihrer gewohnten Weise Locomotionen ausführen. Fische balanciren mit ihren Flossen und durch abwechselnde seitliche Schläge ihres Schweifes und schwimmen mit derselben Präcision wie früher vorwärts. Der Frosch hüpfte am

Lande und schwimmt, wenn er ins Wasser geworfen wird; der Vogel geht, wenn man ihn dazu antreibt, vorwärts und fliegt, wenn er in die Luft geworfen wird. Das Kaninchen springt in seiner gewohnten Art davon, wenn passende äussere Reize es dazu antreiben.

Aus Umständen, welche wir schon erwähnt haben, ist es unmöglich, an höheren Thieren experimentell nachzuweisen, dass das Vermögen einer coordinirten Locomotion an die Integrität der unterhalb der Hemisphären gelegenen Centren gebunden sei, doch können wir auf einem anderen Wege zu demselben Schlusse gelangen. Es ist eine Thatsache der täglichen Beobachtung, dass die Function der Locomotion, wenn sie einmal angeregt ist, mit grösster Regelmässigkeit und Präcision ausgeführt wird, ohne Aufmerksamkeit, ohne Mitwirken des Bewusstseins, während also die Thätigkeit der Grosshirnhemisphären abgelenkt und in anderer Beziehung in Anspruch genommen erscheint. Aus der Homologie, welche zwischen den Mittelhirn- und Kleinhirncentren des Menschen und denen der anderen Wirbelthiere besteht, schliessen wir auf eine ähnliche Analogie der Function, und was sich für die niederen Thiere bewahrheitet hat, gilt demnach mehr oder minder auch für den Menschen. Es mag sein, obwohl wir dies keineswegs mit Bestimmtheit nachweisen können, dass diese Function bei den niederen Thieren primär angeerbt, gleichsam schon in der Constitution ihrer Nervencentren angelegt ist, während sie, wie dies Carpenter ausdrückt, bei den höheren Thieren, eine secundäre Reflex- oder automatische Thätigkeit ist, d. h. das Resultat früherer Erfahrungen und bewusster Uebung. Wie wir die Sache auch auffassen mögen, das Resultat bleibt immer das gleiche. Die Coordination der Locomotionsbewegungen, ob sie sich nun primär oder secundär entwickelt, ist eine Function der niederen Gehirncentren.

Es ist augenscheinlich unmöglich, eine feste sichere Grenze zwischen der Gleichgewichtserhaltung einerseits und der Bewegungscoordination andererseits zu ziehen, da ja ohne die erstere eine Locomotion unausführbar wird und bei beiden Leistungen dieselben centripetalen Factoren mitwirken. Gelegentlich der Besprechung der Gleichgewichtserhaltung wurden daher diese beiden Functionen häufig unter Einem betrachtet, allein theoretisch können sie genau auseinander gehalten werden. Wir können uns

sehr gut ein Thier vorstellen, welches zwar die Fähigkeit besitzt, seinen Körper im Gleichgewichte zu erhalten und die zu diesem Zwecke nothwendigen Muskelleistungen auszuführen, so lange es an derselben Stelle bleibt, welches aber dabei völlig ausser Stande ist, seine Lage in passender Weise zu verändern. Wenn wir also praktisch diese beiden Functionen allerdings nicht von einander trennen, oder in deutlich unterschiedene Gehirncentren localisiren können, so scheint es doch passend, jede für sich zu betrachten.

Auch der Mechanismus der coordinirten Locomotion besteht, wie jener der Equilibration 1) aus einem System centripetaler Nerven, 2) aus einem Coordinationscentrum im Gehirne und 3) aus motorischen Bahnen, welche das genannte Centrum mit den Muskeln des Stammes und der Glieder in Verbindung bringen. Die Impulse, welche die Thätigkeit dieses Centrums zunächst anregen, können verschiedener Art sein. Bei dem Thiere ohne Grosshirn beschränken sie sich aber nur auf äussere und zwar meistens auf gewisse tactile Reize.

Der centrale Locomotionsapparat setzt, einmal angeregt, seine Thätigkeit in rhythmischer Weise fort. Die Dauer dieser Thätigkeit hängt ab von der Intensität oder der Dauer des ursprünglichen Reizes und von der Vitalität des Nervenmuskelapparates.

Der Fisch im Wasser steht unter dem fortwährenden Einflusse eines Reizes, welchen der Contact des Wassers mit seiner Körperoberfläche erzeugt, und wird daher so lange schwimmen, bis ihn ein Hinderniss oder Müdigkeit aufhält. Die rhythmischen abwechselnden Schläge des Schweifes scheinen sich zum grossen Theile gegenseitig zu bedingen, in der Weise, dass je ein Schlag in regelmässiger Aufeinanderfolge einen ähnlichen nach der entgegengesetzten Seite anregt. Durch einen ähnlichen Reiz wird auch der Frosch, wenn man ihn ins Wasser bringt, zum Schwimmen angetrieben. Die Hüpfbewegungen desselben auf dem Lande geschehen in rhythmischer Weise in Folge der Contactempfindungen mit dem Boden nach jedem Sprunge. Die Taube macht in der Luft rhythmische bilaterale Bewegungen mit den Flügeln, um zu fliegen. • Vierfüsser springen oder laufen, im letzteren Falle gewöhnlich mit diagonal-coordinirter Action der Vorder- und Hinterbeine, während der Mensch hauptsächlich mittelst abwechselnder Pendelschwingungen der unteren Extremitäten vorwärts schreitet.

Bei diesen wird die rhythmische Aufeinanderfolge durch die abwechselnden Contactempfindungen der Fusssohlen mit dem Boden nach jedem Schritte angeregt. Wenn auch beim Menschen die oberen Extremitäten mit den Zwecken der Vorwärtsbewegung eigentlich nichts zu thun haben, so kann man doch beobachten, dass sie in derselben diagonalen Weise, wie bei den Vierfüssern, mit den unteren Extremitäten coordinirt sind: der rechte Arm schwingt mit dem linken Beine und umgekehrt. In gleicher Weise stehen die Arme in Beziehung zu den anderen Körperbewegungen, insoweit solches für die Erhaltung des Gleichgewichtes nothwendig ist. Die Bewegungsataxie zeigt uns deutlich die Unentbehrlichkeit rhythmischer, tactiler Eindrücke für die Bewegungskoordination. Bei dieser Krankheit bestehen in Folge einer Abschwächung des Hautgeföhles aber auch Schwierigkeiten bezüglich der Erhaltung des Gleichgewichtes. Diese beiden Functionen leiden also gleichzeitig in Folge einer Störung auf centripetalem Gebiete. Auch die Bewegungskoordination wird durch das Auge unterstützt, so dass die Gesichtseindrücke bis zu einem gewissen Grade für den Verlust oder die Abschwächung der Hautempfindlichkeit Ersatz zu leisten vermögen; daher bedürfen ataktische Kranke des Gesichtes bei der Locomotion. Die Muskelkraft ataktischer Individuen an und für sich ist dabei, wie wir gesehen haben, nicht abgeschwächt.

III. Der Ausdruck der Gemüthsbewegungen.

§. 28. Das seiner Grosshirnhemisphären beraubte Thier kann endlich auch gewisse Aeusserungen des Affectes — die man nach dem gewöhnlichen Sprachgebrauche als instinctive oder reflectorische bezeichnet — produciren.

Unter normalen Verhältnissen folgen diese Ausdrucksbewegungen ganz unmittelbar auf den sensorischen Eindruck und ohne bewusste Ueberlegung, so dass die Empfindung und der durch sie hervorgerufene Ausdruck eines Affectes gleichzeitig vor das Bewusstsein treten. Wir können allerdings willkürlich Affectäusserungen imitiren und andererseits dieselben auch bis zu einem gewissen Grade unterdrücken, allein in der grossen Mehrzahl der Fälle kommt der, eine bestimmte Empfindung begleitende, Affect,

trotz aller unserer Bemühungen dies zu verhindern, doch nach aussen hin zum Ausdruck. Es muss demnach das Centrum für die Aeusserungen unserer Gemüthszustände unterhalb der Centren des bewussten Vorstellungslebens liegen und direct mit solchen Nerven zusammenhängen, welche ihm Eindrücke verschiedener Art und Stärke zuführen können; ausserdem steht es begreiflicher Weise auch in innigster Beziehung zu den der bewussten Wahrnehmung dienenden Hirntheilen. Die gewöhnlichen Gefühlsäusserungen, welche wir nach peripheren, sensorischen Reizen an unseren Versuchsthieren beobachten, bestehen hauptsächlich in verschiedenartigem Geschrei, als Zeichen von Schmerz oder Wohlgefühl, oder in gewissen Körperbewegungen, welche Bestürzung oder Furcht auszudrücken scheinen.

Dass solche Gefühlsäusserungen auch bei grosshirnlosen Thieren zu Stande kommen, zeigt unter anderem der bereits erwähnte (§. 17) Versuch von Goltz, nach welchem enthirnte Frösche quaken, sobald ihr Rücken sanft gestrichen wird. Die Reizung der dorsalen Hautnerven regt das Quaken an; werden diese Nerven durchschnitten oder die Haut entfernt, so lässt sich jene Erscheinung nicht mehr hervorrufen; auch dann hört das Quaken auf oder wird gehemmt, wenn gleichzeitig ein anderer sensorischer Nerv kräftig gereizt wird. Die Frösche pflegen ihr Wohlbefinden und Behagen durch Quaken auszudrücken, so dass wir, wenn an warmen Sommerabenden der Batrachierchor laut ertönt, annehmen, dass es den Sumpfbewohnern wohl ist in der lauwarmen Fluth. Werden sie gestört, indem man z. B. einen Stein ins Wasser wirft, so schweigt der Chor. Durch Reflexreizung wird also derselbe Apparat in Action versetzt, welchen das Thier sonst gebraucht, um seinem Wohlbehagen Ausdruck zu verleihen, — andere Eindrücke hemmen seine Thätigkeit.

Hecker ¹⁾ erklärt ferner das Lachen für eine, und zwar zweckmässige, Reflexbewegung, welche die Aufgabe erfüllt, die durch den Kitzel verursachten Druckschwankungen im Gehirne durch eine entsprechende Drucksteigerung zu compensiren. Auch in jenen Fällen, in denen das Lachen nicht durch einen Kitzel, sondern etwa durch die Einwirkung komischer Eindrücke angeregt

¹⁾ E. Hecker, Die Physiologie und Psychologie des Lachens und des Komischen. Berlin 1873.

wird, nimmt Hecker eine intermittirende Sympathicusreizung an, deren Folgen durch die forcirten Expirationen des Lachens reflectorisch ausgeglichen werden sollen.

Voit glaubte an grosshirnlosen Tauben auch den Ausdruck sexueller Empfindungen wahrgenommen zu haben, doch ist es wahrscheinlich, dass er nicht alle oberhalb des Mittelhirnes gelegenen Centren entfernt hatte.

Die Bedingungen, unter welchen die physiologischen Experimente ausgeführt werden, sind aber meist mehr geeignet, Zeichen schmerzhafter Seelenzustände zum Ausdruck zu bringen. Auch an grosshirnlosen Kaninchen ruft eine heftige Reizung cutaner Nerven (des Fusses, Ohres, Schwanzes) wiederholtes, anhaltendes Schreien von klagendem Charakter hervor, das vollkommen jenem Schrei gleicht, welchen die Thiere bei bestimmten schmerzhaften Wahrnehmungen ausstossen. Allein eine blossе Schmerzäusserung lässt noch nicht auf einen bewussten schmerzhaften Zustand schliessen. Nachdem wir bereits gelernt haben, das Mittelhirn von den Bewusstseinsvorgängen auszuschliessen, so dürfen wir diese Erscheinungen bloss als eine reflectorisch angeregte Thätigkeit mit dem Charakter der Gefühlsäusserung ansehen, welche allerdings in der gleichen Weise auch von den höheren Bewusstseinscentren ausgelöst werden kann. Das grosshirnlose Thier gleicht in vieler Beziehung einem unter dem Einflusse des Chloroforms stehenden Menschen. Durch das Chloroform wird zunächst die Erregbarkeit der Grosshirnhemisphären vernichtet, also die Bewusstseinsthätigkeit unterdrückt, während die Mittelhirncentra noch lange Zeit hindurch erregbar bleiben. Sensorische Eindrücke, welche unter normalen Verhältnissen eine schmerzhaftige Wahrnehmung erzeugen, und Stöhnen, Schreien u. dergl. verursachen, werden bei diesem Grade der Anästhesie also lediglich reflectorische Schmerzensäusserungen ohne Bewusstsein des Schmerzes hervorrufen; die letzteren beweisen demnach ein bewusstes schmerzhaftes Empfinden ebensowenig, wie — nach dem passenden Vergleiche von Crichton Browne — die durch Berühren der Claviertasten hervorgebrachten Töne der Ausdruck eines freudigen oder schmerzlichen Gefühles von Seite des Instrumentes sind: es überträgt sich mit einem Worte der sensorische Reiz direct auf motorische Bahnen ebenso, wie das Anschlagen der Taste unmittelbar die Schwingungen der Saite verursacht.

Ausser dem Schreien können auch gewisse für Gefühls-äusserungen charakteristische Bewegungen und Stellungen experimentell an Thieren ohne Grosshirn erzeugt werden. Zu diesem Behufe ist es nothwendig, ein Thier zu wählen, welches sich durch grosse gemüthliche Empfindlichkeit auszeichnet. Vulpian¹⁾ sagt: „Die Ratte ist ein für diese Versuche ganz besonders geeignetes Thier, sie ist sehr furchtsam, sehr erregbar, sie flieht bei der geringsten Berührung, das leiseste Geräusch macht sie stutzen. Ein Pfeifen oder kräftiges Blasen, ähnlich dem einer Katze, bringt sie in grösste Aufregung. Vor Ihnen ist eine Ratte, welcher ich die Grosshirnhemisphären weggenommen habe. Sie sehen sie ganz ruhig sitzen; jetzt pfeife ich mit den Lippen, und das Thier schrickt zusammen; so oft ich dies wiederhole, so oft tritt dieselbe Erscheinung ein. Diejenigen von Ihnen, welche die Ausdrucksbewegungen bei Ratten beobachtet haben, werden leicht die vollständige Uebereinstimmung dieser Erscheinung mit der gewöhnlichen Art, wie diese Thiere ihren Gemüthsbewegungen Ausdruck verleihen, erkennen.“

Diese und andere Experimente, welche im folgenden Capitel beschrieben werden sollen, zeigen also, dass auch Thiere, bei welchen durch Entfernung der Grosshirnhemisphären die Bewusstseinsthätigkeit ausgeschlossen ist, noch im Stande sind, Ausdrucksbewegungen zu produciren.

Bisher haben wir unsere Aufmerksamkeit hauptsächlich auf die allgemeine Art und Weise, in welcher die Mittelhirncentra reagiren, gerichtet und die Methoden betrachtet, durch welche deren Thätigkeit angeregt wird. Im folgenden Capitel soll der Versuch gemacht werden, den Mechanismus der einzelnen dieser Centren und deren individuelle Verschiedenheit auseinander zu setzen.

¹⁾ Vulpian l. c. p. 548.

Fünftes Capitel.

Functionen der lobi optici oder corpora quadrigemina.

§. 29. Die *lobi optici* des Frosches (Fig. 11, *B*), der Fische (Fig. 12, *B*) und der Vögel (Fig. 13, *B*) sind anatomisch den Vierhügeln der Säugethiere (Fig. 5, 4, 5) gleichzusetzen.

Der oberflächliche Ursprung des *tractus opticus* aus den *lobis optici* beim Frosche, Fische und Vogel und aus den vorderen Vierhügeln bei den niederen Classen der Säugethiere, sowie die ähnliche, wenn auch weniger auffällige Verbindung des *tractus opticus* beim Affen und Menschen mit den Vierhügeln durch die Intervention der Kniehöcker und deren Arme, kann schon ohne experimentellen Beweis einen Fingerzeig dafür liefern, dass diese Ganglien eine wichtige Beziehung zum Sehacte haben. Daraus folgt aber keineswegs, dass diese Ganglien die obersten Centren des Gesichtes sind, selbst dann nicht, wenn sich herausstellen sollte, dass ihre Zerstörung Blindheit hervorruft. Die Zerstörung der *lobi optici* unterbricht ja selbstverständlich die Continuität der für die Gesichtseindrücke bestimmten Bahn, schneidet also die Augen von den Wahrnehmungscentren ab. Schon in einem früheren Capitel (§. 21) haben wir nachgewiesen, dass diese Ganglien nicht Bewusstseinscentren für die Gesichtseindrücke sein können, und später (§. 65) werden wir weitere experimentelle Beweise dafür beibringen. Endlich haben die anatomischen Untersuchungen von Gratiolet und Meynert zu dem Schlusse geführt, dass der *tractus opticus* auch in Verbindung steht mit den Sehhügeln und mit radiär ausstrahlenden Fasern, welche die lateralen und hinteren Regionen der Grosshirnhemisphären erreichen. Es unterstützen also die Thatsachen der Ana-

tomie und des physiologischen Experimentes die Anschauung, dass die Vierhügel nicht die Centren bewusster Gesichtswahrnehmungen sind, sondern dass ihnen die Vermittlung zwischen den Gesichtseindrücken und bestimmten motorischen Reactionen zukomme.

Flourens hat zuerst experimentell nachgewiesen, dass in den *lobis opticis* der Ort ist, an welchem die Gesichtseindrücke auf die Bewegungen der Iris einwirken. Sind die *lobi optici* an beiden Seiten zerstört, so geht die Möglichkeit des Sehens vollständig verloren, und die Pupillen contrahiren sich nicht mehr, wenn Licht auf die Retina fällt. Dies beweist, dass in den *lobis opticis* eine organische Verbindung zwischen dem *nervus opticus* und dem *nervus oculomotorius* besteht, von denen der letztere die circulären Muskelfasern der Iris, den *sphincter iridis*, versorgt. Diese Verbindung hat auch ihre anatomische Basis in der Thatsache, dass der centrale Ursprungskern des *oculomotorius* in der Vierhügelgegend, nahe dem *aquaeductus Sylvii* gelegen ist. Wird nur einer der beiden *lobi optici* zerstört, so erfolgt Blindheit der anderen Seite. Hinsichtlich der Thätigkeit der Pupillen bemerkt man, dass auch durch nur einen einzigen *nervus opticus* eine bilaterale Contraction herbeigeführt werden kann; doch ist die Pupillarbewegung ausgesprochener in jenem Auge, dessen Retina direct durch das Licht erregt wird.

Dies ist eine Illustration zu der so wichtigen Thatsache, von welcher wir andere Beispiele in den spinalen Centren beobachtet haben und welche, wie Broadbent gezeigt hat, manche Erscheinungen der cerebralen Paralyse zu erklären dient, dass nämlich solche Bewegungen, welche normaler Weise auf beiden Seiten miteinander associirt sind, auch in jedem ihrer Centren bilateral coordinirt sind. Gewöhnlich wirken die Pupillen gleichzeitig in übereinstimmender Weise, so dass, in Folge der bilateralen Coordination in jedem *lobus*, die Zerstörung eines *tractus opticus* eine vollständige Paralyse der anderen Pupille nicht nach sich zieht.

Die Blindheit, welche nach Verletzung der Vierhügel der einen Seite am anderen Auge auftritt, erklärt sich aus der Kreuzung der *nervi optici* im Chiasma. Bei den Fischen ist diese Kreuzung meist ohne weitere Untersuchung ersichtlich, indem ein Sehnerv über den anderen hinwegzieht. (Bei *Clupea* durchbohrt ein *Opticus* den anderen, bei *Abramis brama* und *Engraulis* spalten sich beide Seh-

nerven in zwei bis vier einander durchkreuzende Blätter.) Bei Fröschen, Vögeln und niederen Säugethieren kreuzen sich die beiden *optici*, nachdem sie in zahlreiche einzelne Bündel zerfallen sind. Auf anatomischem und physiologischem Wege wurde nachgewiesen, dass diese Decussation eine vollständige ist. Wenn ein *lobus opticus* beim Frosche oder Vogel zerstört wird, so tritt Blindheit bloss am entgegengesetzten Auge ein, und dessen Retina und der Sehnerv fallen der Degeneration anheim. Umgekehrt atrophirt nach Wegnahme eines Auges der entsprechende *tractus* und *lobus opticus* der anderen Seite. Dasselbe gilt (Mandelstamm) für das Wechselverhältniss zwischen je einem vorderen Vierhügel und dem entgegengesetzten Auge beim Kaninchen.

Für den Menschen aber wird häufig eine complicirtere Sehnervenkreuzung angenommen, nämlich in der Art, dass der rechte *nervus opticus* die äussere Hälfte des rechten sowie die innere Hälfte des linken Auges versorge und umgekehrt. Ausserdem sollen im vorderen Winkel des Chiasma Fasern direct von einer Retina zur anderen und im hinteren Winkel solche Bündel verlaufen, welche die Centralganglien beiderseits miteinander verbinden. Gudden¹⁾ hat derartige hintere Commissuren-Fasern nach Zerstörung beider Augen und Atrophie beider *optici* am Kaninchen nachgewiesen. Dieses Verhältniss in der Anordnung der *nervi optici* wurde auch zur Erklärung des einfachen Sehens mit beiden Augen herbeigezogen. Doch fand diese Theorie, obwohl sie eine ungezwungene, passende Erklärung für das einfache Sehen liefert, vielfachen Widerspruch. Biesiadecki²⁾, Mandelstamm³⁾, Michel⁴⁾ und Scheel⁵⁾ wollen histologisch nachgewiesen haben, dass auch beim Menschen, wie bei allen Wirbelthieren, eine vollständige Kreuzung stattfindet. Mandelstamm hat sich ferner bemüht, die Hemiopie, welche bei Erkrankungen des *N. opticus* oder des

¹⁾ Gudden, Experimentelle Untersuchung über das periphere und das centrale Nervensystem. Arch. f. Psych. II.

²⁾ Biesiadecki, Ueber das Chiasma nerv. opt. Sitzungsber. d. K. Akad. zu Wien, 42. B.

³⁾ Mandelstamm, Ueber Sehnervenkreuzung u. Hemiopie. Arch. f. Ophthalm. 19. B.

⁴⁾ Michel, Ueber den Bau des Chiasma n. opt. ibid.

⁵⁾ Scheel, Ueber das Chiasma nerv. opt. Klin. Monatsblätter für Augenhk. 12. Jahrg.

Chiasma einzutreten pflegt, mit der Annahme einer vollständigen Kreuzung in Einklang zu bringen. Doch scheinen die klinischen Untersuchungen von Charcot (§. 65, Fig. 45) mehr für die unvollständige, theilweise Decussation beim Menschen zu sprechen.

Es ist schon aus anatomischen Gründen einleuchtend, abgesehen vom physiologischen Experimente, dass mit der besprochenen Einwirkung der Gesichtseindrücke auf die Bewegungen der Iris die Leistungen der Vierhügel noch nicht erschöpft sein können.

Die Entwicklung der Vierhügel oder *lobi optici* steht ja nicht im geraden, constanten Verhältnisse zur Ausbildung der Augen. Auch an Thieren, deren Augen und Sehnerven rudimentär sind oder gänzlich fehlen, erlangen diese Ganglien eine beträchtliche Entwicklung. Unter den Thieren dieser Art zählt Longet in der Classe der Säugethiere *Mus typhlus* und *Talpa* auf, unter den Amphibien *Proteus* und *Coecilia*, unter den Fischen endlich *Apterichthys* und *Myxine*. Beim Menschen sind die Vierhügel relativ bedeutend kleiner als bei den niederen Säugethieren.

§. 30. Serres¹⁾ hat zuerst erwähnt, dass Zerstörung der Vierhügel ausser den erwähnten Erscheinungen bezüglich des Gesichtssinnes auch Gleichgewichtsstörungen und Incoordination der Bewegungen erzeugt. Longet und Andere glaubten, dass die letztgenannten Erscheinungen lediglich von einer Verletzung der darunter liegenden Gehirnschenkel abhängig seien. In neuerer Zeit hat Cayrade²⁾ gezeigt, dass Frösche, welchen er die *lobi optici* entfernt hatte, noch die Coordination der Einzelbewegungen behielten, während die Harmonie und Uebereinstimmung in den Gesamtbewegungen, wie beim Springen, Schwimmen etc. verloren gegangen war. Diese Experimente unterstützen die Ansicht von Serres. Aehnliche Versuche, welche Goltz ausgeführt hat, brachten ihn zu der Ansicht, dass die *lobi optici* des Frosches ganz besonders bei der Gleichgewichtserhaltung betheiligt seien.

Goltz fand nämlich, dass Frösche, denen er sowohl die Grosshirnhemisphären als auch die *lobi optici* entfernt hatte, noch im Stande waren, in Folge eines Reizes wegzuspringen; allein die Bewegungen waren plump und unbeholfen. Legte er die Thiere

¹⁾ Serres, Anatomie comparée du système nerveux. Paris 1827.

²⁾ Cayrade, Sur la localisation des mouvements réflexes (Journ. de l'anat. et de la phys. 1868).

auf den Rücken, so konnten sie allerdings wieder in ihre frühere Stellung zurückkehren, doch wurden die Füße in unregelmässiger Weise aufgesetzt, und der Körper ruhte mehr auf der Bauchfläche als auf den Füßen. Dabei war aber die Fähigkeit, das Gleichgewicht zu erhalten, wie das Balancirexperiment nachwies, vollständig verloren gegangen. Ein so verstümmelter Frosch fiel wie ein Mehlsack herunter, wenn die Basis, auf welche er gesetzt worden war, geneigt wurde.

Man könnte vielleicht einwenden, dass der Verlust der Balance in diesem Falle das Resultat der in Folge Zerstörung der *lobi optici* entstandenen Blindheit sei. Allein ein Frosch, dem die Grosshirnhemisphären und auch die Augen entfernt worden sind, kann sich noch immer, wie früher, im Gleichgewichte erhalten. Wurden aber die *lobi optici* allein zerstört, so war, selbst wenn alle anderen Gehirncentren unverletzt blieben, die Equilibration unmöglich geworden. Es geht also aus diesen Versuchen hervor, dass beim Frosche die *lobi optici* wesentlichen Antheil nehmen an dem centralen Mechanismus, mittelst dessen der Muskelapparat für die Erhaltung des Gleichgewichtes thätig ist. In einer Reihe von ähnlichen Versuchen, welche ich an Fischen anstellte, habe ich gefunden, dass oberflächliche Verletzung der *lobi optici* eine deutliche Unregelmässigkeit in der Bewegung hervorruft, in der Weise, dass das Thier bald auf der einen, bald auf der anderen Seite oder auf dem Rücken schwimmt, oder sich um seine Längsaxe rollt, aber niemals im Stande ist, in seiner normalen Stellung zu schwimmen. Vollständige Entfernung der *lobi optici* machte die Equilibration und Locomotion gänzlich unmöglich. Diese Erscheinungen waren die gleichen, ob die Fische ihr Grosshirn besaßen oder nicht. Die An- oder Abwesenheit des letzteren ändert also das Gesamtergebniss nicht im geringsten. Die einzige Bewegung, welche nach Entfernung der *lobi optici* noch beobachtet werden konnte, war ein Schlagen mit dem Schweife in Folge von Hauteizen, ohne dass weitere Versuche einer coordinirten Fortbewegung wahrgenommen wurden.

Nach Mc Kendrick ¹⁾ verursachen Verletzungen der *lobi optici* auch bei Tauben, ausser dem Verluste des Gesichtes, Störungen

¹⁾ Mc Kendrick, Experiments on the brain of Pigeons (Trans. Roy. Soc. Edinb. 1873).

des Gleichgewichtes und der Locomotion. Ich habe endlich auch bei Kaninchen gefunden, dass nach Zerstörung der Vierhügel Blindheit mit Dilatation und Unbeweglichkeit der Pupillen, sowie eine sehr merkliche Störung des Gleichgewichtes und der Locomotion eintritt. Obwohl solche Thiere noch vollkommen im Stande waren, in Folge von Reflexreizen oder wenn man sie am Schweife in der Luft hielt, coordinirte Bewegungen mit allen vier Gliedern auszuführen, so konnten sie doch weder stehen, noch gehen, sondern rollten von einer Seite auf die andere. Equilibration und Locomotion waren auch bei einem Kaninchen vollständig verloren gegangen, an welchem ich das ganze Gehirn durch einen gerade vor den oberen Kleinhirnschenkeln geführten Schnitt ausgeschaltet hatte. Reflexbewegungen der Glieder konnten nach Hautreizen noch ausgeführt werden, allein alle Versuche des Thieres, sich zu erheben oder zu entfernen, waren völlig erfolglos. Das Thier wurde 24 Stunden am Leben erhalten, doch blieben die Erscheinungen unverändert, woraus hervorgeht, dass sie nicht bloss das Resultat des durch die Operation verursachten Shock waren; denn Circulation und Respiration blieben dabei ganz regelmässig.

Verletzung der Vierhügel bei einem Affen verursachte Erscheinungen, welche ebenfalls in vielen Beziehungen den zuletzt angeführten glichen. Um diese Ganglien beim Affen zu zerstören, ging ich mit einem glühenden Drahte in horizontaler Richtung durch das vordere Ende der linken unteren Occipitalfurche (Fig. 26, o 2) ein, um so das vordere Vierhügelpaar zu durchsetzen. Das Resultat dieser Procedur war, wie die Nekroskopie nach 15 Stunden zeigte (das Thier wurde mittelst Chloroform getödtet), dass die vorderen Vierhügel durch das Cauterium zerstört worden waren. Es fand sich ausserdem etwas Bluterguss und eine leichte Erweichung der hinteren Fläche beider Sehhügel, allein die hintere Commissur war nicht zerstört, und die Kniehöcker, das hintere Vierhügelpaar, die Grosshirnschenkel und die *tractus optici* erschienen unverletzt. Der Hinterlappen der linken Hemisphäre war durchbohrt und im Verlaufe dieses Ganges erweicht. Der Draht hatte die erwähnten Ganglien durchsetzt und war noch ein oder zwei Linien tief in den entsprechenden Punkt der inneren Fläche der rechten Hemisphäre eingedrungen. Wir werden später sehen (§. 71), dass Verletzungen der Hemisphären an diesen Stellen nicht mit den Erscheinungen, die wir in dem vorliegenden Versuche

beobachteten, im Zusammenhange stehen können. Der linke vordere Vierhügel erschien, wenn überhaupt ein Unterschied zu finden war, ein wenig mehr ergriffen als der rechte. Das Resultat dieser Verletzung bestand darin, dass das Thier vollständig blind wurde, was sich unter Anderem auch dadurch zeigte, dass es 12 Stunden nach der Operation Milch, die man ihm in leicht erreichbare Nähe stellte, nicht bemerkte, während es gierig soff, sobald man ihm die Schüssel an's Maul brachte. Die Pupillen waren erweitert und unthätig, die linke etwas mehr als die rechte. Mehrere Stunden hindurch hielt das Thier seine Augen geschlossen und öffnete sie bloss theilweise, wenn es aufgeschreckt wurde; es bestand aber keine wirkliche Ptosis, und vor dem Tode konnten die Augen vollständig geöffnet werden. Mit Ausnahme des Gesichtssinnes hatten die anderen Sinne nicht gelitten, Willensbewegungen wurden mit den Gliedern noch ausgeführt, und das Thier war im Stande, mit den Händen und Füßen so fest wie früher zuzugreifen.

Die auffälligsten Erscheinungen machten sich auf dem Gebiete der Equilibration und Locomotion bemerkbar. Das Thier sass zusammengekauert, liess den Kopf sinken und stützte sich auf seine vier Extremitäten, welche in ungewohnter, abnormer Weise aufgesetzt wurden. In dieser Stellung vermochte es aber nur sehr unsicher zu sitzen und schwankte dabei nach vor- und rückwärts. Wollte es sich von der Stelle bewegen, so drehte es sich, meistens von links nach rechts, und fiel dabei häufig nach hinten, suchte aber durch plötzliche Sprünge nach vorwärts und durch heftiges Schlagen des Schweifes gegen den Boden das Fallen zu verhindern.

Diese verschiedenartigen Experimente zeigen also, dass Störungen des Gleichgewichtes und der Bewegungskoordination nach Verletzungen der Vierhügel oder *lobi optici* eintreten.

§. 31. Wir haben bereits gesehen, dass Thiere, welchen alle Gehirncentren oberhalb der *lobi optici* genommen worden sind, noch zu gewissen Aeusserungen von Affecten, besonders zum Schreien oder zu solchen Lauten, welche unter normalen Verhältnissen Wohlbefinden oder Schmerz ausdrücken, befähigt sind. Dies zeigte sich beispielsweise in dem erwähnten Quakversuche von Goltz (S. 38), der aber nicht mehr gelingt, sobald die *lobi optici* ebenfalls entfernt wurden; Goltz schliesst daraus, dass das reflectorische

Quaken vermittelt des letztgenannten Gehirnthheiles hervorgerufen wird. Kaninchen hingegen können auch nach Zerstörung der Vierhügel durch cutane Reize noch zum Schreien gebracht werden. Vulpian unterscheidet aber zwischen jenem Schrei, welcher bloss durch Reflexerregung des Respirationscentrums angeregt wird, der also lediglich eine modificirte Expiration darstellt, und jenem ganz eigenthümlichen Schrei, so lange noch Vierhügel und Pons erhalten sind.

Ich habe mehrere Experimente in der Absicht angestellt, um zu entscheiden, ob die Vierhügel für sich allein, ohne die Brücke, bei dieser Erscheinung betheiligt sind. Nach Zerstörung der vorderen Vierhügel wurde das Thier durch Hautreize gerade so wie früher zum Schreien gebracht. Wurden aber die Vierhügel durch einen Transversalschnitt gänzlich entfernt, so konnte ein Hautreiz, welcher genügte, reflectorische Bewegungen der Glieder hervorzurufen, durch zwei bis drei Stunden nach der Operation keinen Schrei erregen, was jedoch später bei stärkeren Reizen gelang. Ich kann zwischen dem Schrei in diesem Falle und dem eines Kaninchens mit unverletzten Vierhügeln keinen Unterschied finden; allerdings schien er nicht in derselben eigenthümlichen Weise wie vor der Verletzung wiederholt zu werden.

Die auffälligsten Erscheinungen nach Verletzung der Vierhügel oder der *lobi optici* sind demnach: Blindheit, Lähmung der reflectorischen Iris- und gewisser Bulbusbewegungen, Störungen im Gleichgewichte und in der Locomotion; beim Frosche und wahrscheinlich auch bei anderen Thieren: Aufhören gewisser Formen von Ausdrucksbewegungen.

§. 32. Wir wollen nun zunächst untersuchen, ob durch Reizung dieser Ganglien das Verständniss der erwähnten Erscheinungen erleichtert werden kann.

Die Vierhügel sind, zum Unterschiede von den Grosshirnhemisphären, gegen die verschiedensten Reizformen, mechanische, chemische oder elektrische, sehr empfindlich.

Flourens fand, dass die oberhalb der Vierhügel gelegenen Gehirnthheile gegen mechanische Reize nicht reagiren. Ebenso fand er die oberflächlichen Schichten der Vierhügel dafür unempfindlich, dagegen sah er nach Einstechen einer Nadel in die tieferen Lagen allgemeine Convulsionen und Contraction der Pupille auftreten. Während er erstere weniger durch eine Reizung der

Vierhügel, als vielmehr durch die Irritation der darunter liegenden Hirnschenkel zu erklären geneigt ist, erschien ihm die Verengerung der Pupille aus der Reizung der neben dem *aquaeductus Sylvii* liegenden Oculomotoriuskerne leicht verständlich.

Meine eigenen Versuche an Kaninchen lehren aber, dass mechanische Reizung der vorderen Vierhügel mittelst eines Nadelstiches ganz deutliche Reizerscheinungen nach sich zieht, falls dieser Gehirntheil nicht durch Hämorrhagie oder den Shock erschöpft oder durch Narcotica unempfindlich gemacht ist. Ein leichter oberflächlicher Stich bewirkt, dass das Thier plötzlich zusammenfährt, zu entfliehen trachtet und dabei seinen Kopf wie beim plötzlichen Aufschrecken schüttelt. Diese Symptome hören rasch wieder auf und das Thier zeigt dann keine weiteren Erscheinungen; es genügt, um die erwähnten Erscheinungen hervorzurufen, schon eine so geringe Verletzung, dass ihr Ort später gar nicht mehr aufgefunden werden kann.

Aus dem Versuche von Setschenow (§. 8) geht ferner hervor, dass die Vierhügel auch durch chemische Reize afficirbar sind. Gegen elektrische Reize sind die Vierhügel äusserst empfindlich, doch fallen die Erscheinungen verschieden aus, je nach der Lage der Elektroden.

Wenn ich die Oberfläche der vorderen Vierhügel des Affen elektrisch reizte, fand ich Folgendes:

Bei einseitiger Reizung erweiterte sich zunächst die Pupille der entgegengesetzten Seite beträchtlich, worauf meistens alsbald auch Dilatation der gleichseitigen Pupille folgte. Die Augen wurden weit geöffnet, die Augenbrauen in die Höhe gezogen, die Bulbi nach aufwärts und nach der anderen Seite hin gewendet, also bei Reizung des linken vorderen Vierhügels nach rechts und aufwärts. Der Kopf folgte der Bewegung der Augen. Die Ohren wurden zurückgezogen. Setzte ich die Reizung fort, so wurde der Schweif erhoben, die Beine gestreckt und die Kiefer mit *ad maximum* retrahirten Mundwinkeln fest geschlossen; dabei waren die Arme in den Ellbogen gebeugt, an den Körper und nach rückwärts gezogen. Setzte ich die Reizung noch weiter fort, so folgte endlich ein completer Opisthotonus.

Reizung der hinteren Vierhügel hatte denselben Effect, doch kam noch verschiedenartiges Schreien hinzu, das von einem kurzen, durch die schwächste Einwirkung der Elektroden erzeugten

Wimmern, bei länger dauernder, stärkerer Reizung, in die verschiedensten Formen der diesem Thiere eigenthümlichen Laute übergang. Die motorischen Erscheinungen traten zuerst an der entgegengesetzten Körperhälfte auf, doch wurden sie schliesslich — trotz der einseitigen Reizung — bilateral.

Auch an Hunden und Katzen führen diese Reizversuche zu ganz ähnlichen Resultaten. Es erfolgt nach Reizung der vorderen Vierhügel dieselbe, zuerst am contralateralen Auge bemerkbare, Pupillendilatation, die gleiche Verdrehung der Augen und des Kopfes, Zurückziehen des Ohres, Schliessen der Kiefer, Retraction der Mundwinkel und endlich allgemeiner Opisthotonus. Nach Reizung der hinteren Vierhügel stösst das Thier ausserdem noch verschiedenartige Laute aus. An einem den gleichen Versuchen unterworfenen wilden Schakal fand ich die nämlichen Erscheinungen wieder.

Auch bei den Kaninchen treffen wir die analogen Erscheinungen. Die Pupillen erweitern sich, die Augen werden geöffnet, nach aufwärts und nach der anderen Seite hin gerichtet, die Ohren zurückgezogen, die Kinnbacken fest geschlossen, und schliesslich tritt allgemeiner Opisthotonus ein. Bei Reizung der hinteren Vierhügel schreift das Thier. Das verschiedenartige Schreien bei Reizung der hinteren Vierhügel ist ein so leicht eintretendes Symptom, dass ich solches immer, wenn ich in der Nachbarschaft experimentire, als ein Zeichen dafür ansehe, dass die Elektroden direct mit den hinteren Vierhügeln in Contact stehen, oder dass der elektrische Strom die letzteren erreicht.

Die Versuche an Tauben weisen auf einen ähnlichen Zusammenhang zwischen den *lobis opticis* und den Muskelbewegungen des gesammten Körpers bei diesen Thieren hin. Die Reizung eines *lobus opticus* erweitert die Pupille der anderen Seite in beträchtlichem Grade; der Kopf wird nach rückwärts und nach der anderen Seite hin gezogen, der contralaterale Flügel wird erhoben und ausgebreitet, und die Füsse, besonders jener der anderen Seite, werden gegen den Bauch gezogen oder gelegentlich auch ausgestreckt. Bei stärkerer Reizung werden beide Flügel ausgestreckt und gerathen in schlagende Bewegung.

Bei Fröschen wurde der Kopf in Folge Reizung eines *lobus opticus* nach rückwärts und nach der anderen Seite hin gezogen, und die Hinterbeine, besonders das entgegengesetzte, wurden

plötzlich ausgestreckt. Gleichzeitige Reizung beider *lobi* hatte ebenfalls Zurückziehen des Kopfes und Ausstrecken der hinteren Extremitäten zur Folge, wobei die Arme der Körperseite genähert wurden und kräftige Klammerbewegungen ausführten. Eine leichte Reizung schien die Pupillen nicht merklich zu afficiren, bei fortgesetzter Reizung aber, bis allgemeiner Opisthotonus erfolgte, erschienen auch die Pupillen weit dilatirt. Häufig wurde auch eine Art Quaken beobachtet.

Fische, denen ein *lobus opticus* gereizt wird, krümmen ihren Schweif kräftig nach der gereizten Seite; dabei sind die Dorsal- und die Analflosse ausgebreitet und nach derselben Seite hin wie der Schweif gerichtet. Die Brustflossen erscheinen horizontal ausgespannt. Eine Veränderung der Pupillen konnte ich nicht beobachten, doch wurde in der Regel das gleichseitige Auge nach vorwärts bewegt. Bei Fischen ist also die Action der *lobi optici* eine directe, mit der Reizung gleichseitige und nicht, wie bei den übrigen Thieren, eine gekreuzte.

Es ist nicht leicht, zu einem richtigen Verständnisse dieser Resultate der an den Vierhügeln angestellten Versuche zu gelangen und die Ergebnisse jener beiden sich ergänzenden Untersuchungsmethoden der Zerstörung und der Reizung miteinander in Einklang zu bringen. Jedenfalls ist es einleuchtend, dass den in Rede stehenden Gehirnthellen ausser einer einfachen Vermittlerrolle zwischen den Gesichtseindrücken und der Thätigkeit der Iris noch weit ausgedehntere Leistungen zukommen. So gehen bei der Zerstörung der Vierhügel manche Functionen verloren, welche nach Entfernung der Grosshirnhemisphären noch vollständig intact erscheinen, z. B. die Erhaltung des Gleichgewichtes, die Ortsbewegung und bis zu einem gewissen Grade die Ausdrucksbewegungen. Wir haben also ein Recht, anzunehmen, dass die Vierhügel einen wesentlichen Theil jenes centralen Mechanismus darstellen, durch welchen die eben genannten Leistungen möglich gemacht werden. Es besteht dem entsprechend auch ein ganz auffälliges Verhältniss zwischen der Entwicklung dieser Ganglien und dem Grade von Selbstständigkeit und Unabhängigkeit, womit sich diese Functionen nach Entfernung der Grosshirnhemisphären bethätigen. Bei Fischen, Fröschen, Vögeln und Nagethieren sind die Vierhügel im Vergleich zu den Grosshirnhemisphären relativ gross, und gerade bei diesen Thieren finden wir, dass die Abtragung der Hemi-

sphären weniger Einfluss auf die Equilibration und die coordinirte Locomotion ausübt, als bei Thieren mit höher entwickeltem Grosshirn.

Die Fähigkeit der Ortsbewegung, welche ein Frosch nach Ausschaltung der *lobi optici* anscheinend noch besitzt, beschränkt sich meiner Meinung nach lediglich auf einen Stellungswechsel, der als Reflexbewegung in Folge eines kräftigen Reizes ausgeführt wird. Denn ich habe in manchen Versuchen gefunden, dass die Frösche nach vollständiger Abtragung der *lobi optici* nicht mehr in der Lage sind, wohl coordinirte Bewegungen auszuführen und ihre Normalstellung beizubehalten.

Ich kann hier die eigentlichen *lobi optici* physiologisch nicht von den darunter liegenden Bahnen trennen, da ich es für unausführbar halte, experimentell festzustellen, welches die Functionen der Mittelhirnganglien und des Kleinhirnes bei vollständigem Ausschluss ihrer Verbindungen mit den verschiedenen Schenkeln und der Brücke sind.

Obschon die Reizversuche an den Vierhügeln einen bedeutenden klinischen und diagnostischen Werth haben, so ist es gleichwohl sehr schwer, die genaue Beziehung dieser Ganglien zu dem Mechanismus der centralen Bewegungskoordination bei der Equilibration und Locomotion zu präcisiren. Die Bewegungen des Kopfes, des Rumpfes, der Glieder und der Gesichtsmuskeln nach elektrischer Reizung der Vierhügeloberfläche sind ja, wie wir gesehen haben, äusserst complicirter Natur, ausserdem bestehen bedeutende Meinungsverschiedenheiten bezüglich der Erklärung dieser Erscheinungen. Manche nehmen an, dass sie in Wirklichkeit nur zurückzuführen seien auf ein Weitergreifen des elektrischen Stromes nach den darunter liegenden motorischen Bahnen oder Centren. Allein andere Thatsachen widerlegen diese Anschauung. Die Stärke des Stromes, welche schon genügt, um diese Bewegungen anzuregen, ist äusserst gering, so dass der Strom kaum an der Zungenspitze bemerkt wird. Ferner aber vermögen auch andere Reizformen, bei welchen Stromeschleifen in gleicher Weise nicht auftreten können, dieselbe Wirkung hervorzubringen. Dies sehen wir z. B., wenn entzündliche Processe in den gedachten Organen den Reiz ausüben. Ich konnte solches genau bei einem Kaninchen beobachten, an welchem ich versucht hatte, die Vierhügel mittelst des Cauteriums zu zerstören. Gleich

nach der Operation waren keine auffälligen Symptome zu bemerken; allein nach 24 Stunden begann das Thier Erscheinungen von Trismus und Opisthotonus wie bei elektrischer Vierhügelreizung zu zeigen. Nach dem Tode des Thieres überzeugte ich mich, dass das Cauterium die Vierhügel nicht erreicht hatte, sondern dass es nur zu einer entzündlichen Adhäsion des hinteren Hemisphärenendes an die Oberfläche der hinteren Vierhügel gekommen war, während die letzteren, ohne sonst verletzt zu sein, sich in einem Zustande von activer Congestion befanden.

Ich möchte glauben, dass die Erscheinungen der elektrischen Vierhügelreizung hauptsächlich reflectorischer Natur sind und von einer Uebertragung sensorischer Reize auf motorische Centren abhängen. Flourens meint, dass die *lobi optici* in ihrem Baue wesentlich dem Rückenmarke gleichen, eine Ansicht, welche durch anatomische und physiologische Gründe bekräftigt wird. Wir können die Sehnerven, welche von diesen Ganglien entspringen, mit den hinteren Wurzeln eines Spinalnerven vergleichen. Wiewohl nicht alle sensorischen Verbindungen der Vierhügel vollständig klar erkannt sind, so wissen wir doch, dass auch noch andere besondere sensorische Bahnen, ausser denen des Auges, in diesen Ganglien mit motorischen Centren in Verbindung treten. So soll nach Meynert eine Wurzel des fünften Nervenpaares aus einer Lage grosser Zellen, die sich neben dem *aquaeductus Sylvii* befindet, entspringen.

Durch directe Reizung eines Coordinationscentrums können wir aber seine Thätigkeit niemals ganz in derselben Art anregen, wie dies normaler Weise geschieht. Denn wenn auch die *medulla oblongata* das Coordinationscentrum für die Athmungsbewegungen darstellt, so sind wir ja doch nicht in der Lage, dadurch, dass wir sie reizen, Respirationsbewegungen in ihrer normalen Form hervorzurufen. Wenn demnach aus den Versuchen, bei welchen wir die Vierhügel zerstört haben, hervorgeht, dass die letzteren die Coordinationscentren für die beim Stehen und bei der Ortsbewegung in Anwendung kommenden Muskelactionen bilden, so dürfen wir doch nicht erwarten, durch Reizung dieser Centren die betreffenden Muskeln anders als in krampfhafter Weise in Thätigkeit gerathen zu sehen.

Die Bewegungen des Rumpfes und der Glieder, die wir nach Reizung der Vierhügel beobachteten, sind aber, wie die Versuche ge-

lehrt haben, immerhin solche, wie sie für die Aufrechthaltung der Normalstellung, für das Vorwärtsschreiten etc. erfordert werden.

§. 33. Auf eine ganz kurze Reizung der *lobi optici* erfolgt eine Reaction, welche dem plötzlichen, reflectorischen Zurückfahren bei der schnellen Annäherung eines Gegenstandes gegen die Augen gleicht. Wir sehen also in diesem Falle die Gesichtseindrücke mit einer Muskelthätigkeit in Verbindung gebracht, als deren Resultat das Zurückziehen des Kopfes und der Augen von einem sich annähernden, Gefahr bringenden Körper erscheint.

Der Trismus und die Zusammenziehung der Gesichtsmuskeln, sowie der allgemeine Opisthotonus nach kräftiger Reizung der Vierhügel bei Säugethieren, kann im Allgemeinen als der äussere Ausdruck einer schmerzhaften Reizung angesehen werden. Diese Erscheinungen sind denen ähnlich, welche wir gelegentlich der Irradiation sensorischer Reize durch die spinalen Centren angeführt haben, oder welche beim idiopathischen oder beim traumatischen Tetanus beobachtet werden. Das feste Schliessen der Kiefer mit Retraction der Mundwinkel, worin wir einen sehr häufigen Ausdruck schmerzhafter Sinnesempfindungen wiederfinden, erklärt sich durch den anatomischen Zusammenhang einer der sensorischen Wurzeln des fünften Nervenpaares mit den Vierhügeln.

Die bei Reizung der Vierhügel so leicht zu beobachtende Pupillendilatation kann wahrscheinlich auch als der Ausdruck eines sensorischen Reizes angesehen werden; wir wissen ja, dass plötzliche oder schmerzhaft Reizung sensorischer Nerven mit einer Erweiterung der Pupillen Hand in Hand geht. Diese Reaction erfolgt vermittelt des *nervus sympathicus*, welcher auf die erweiternden Fasern der Iris einwirkt; denn Knoll¹⁾ hat gefunden, dass Reizung der Vierhügel nach Durchschneidung des Halsstranges eine Dilatation der Pupillen nicht mehr zur Folge hat. Diese Resultate stimmen mit der Theorie von einer im Bereiche der Vierhügel stattfindenden Uebertragung sensorischer Eindrücke auf den centralen Mechanismus der Ausdrucksbewegungen vollkommen überein.

Eine andere charakteristische Erscheinung nach Reizung der hinteren Vierhügel ist das Schreien, welches alle verschiedenen Zwischenstufen vom kurzen und scharfen Schrei bei kurzer Rei-

¹⁾ Knoll, Eckhard's Beiträge 1869.

zung bis zum lauten und prolongirten mit den oben beschriebenen Körperbewegungen combinirten Schrei bei länger anhaltender Reizung darbieten kann. Bei den niederen Wirbelthieren sind die hinteren Vierhügel nicht als eigene abgeschlossene Ganglien vorhanden; doch scheint es, dass sie ebenfalls in den *lobis opticis* ihre homologen Organe besitzen. Die Reizversuche im Zusammenhange mit den bereits beschriebenen Versuchen Goltz' (den Quakversuchen) und den Experimenten von Vulpian, welcher vor Allen auf den Schmerzensschrei grosshirnloser Kaninchen aufmerksam machte, scheinen anzuzeigen, dass die Vierhügel, und besonders das hintere Paar, Centren sind, in denen sensorische Reize auf die Bewegung der Kehlkopf- und Athmungsmuskeln, wenigstens insoweit dieselben bei der Stimmbildung in Betracht kommen, einwirken können. Wir haben allerdings gesehen, dass auch bei vollständiger Entfernung der Vierhügel die Thiere noch im Stande sind, einen Schrei auszustossen. Dieser Umstand erklärt sich aber aus dem Einflusse, welchen die *medulla oblongata* auf den Athmungsmechanismus ausübt; ausserdem unterscheidet sich ja das Schreien, wenn lediglich die *medulla oblongata* vorhanden ist, bekanntlich bedeutend von jenem, welches bei gleichzeitiger Anwesenheit der Vierhügel hervorgebracht wird.

Wenn auch die im Vorhergehenden besprochenen Beziehungen zwischen den Erscheinungen bei Reizung und nach Zerstörung der Vierhügel in mancher Hinsicht nur Schlüsse hypothetischer Natur gestatten, so unterstützen sie doch die Ansicht, dass diese Ganglien bei der reflectorischen Aeusserung von Gemüthsbewegungen vorzüglich betheiligt sind. Auch die jüngsten Erfahrungen, welche lehren, dass die Vierhügel oder speciell die tieferen Theile dieser Organe die Circulation und die Respiration beeinflussen, bekräftigen diese Anschauungsweise, indem ja gerade diese Functionen bei Gemüthsaffecten immer in hohem Grade afficirt erscheinen. Danilewsky ¹⁾ hat eine Reihe von Untersuchungen über den Einfluss der elektrischen Reizung des Gehirnes und seiner Ganglien auf Circulation und Respiration veröffentlicht, deren Resultate mit denen zum grössten Theile übereinstimmen, die Lauder Brunton und ich später in ähnlichen Versuchen erhielten: bei elektrischer Reizung der vorderen Vierhügel

¹⁾ Danilewsky, Pflüger's Archiv XI. Bd.

findet eine beträchtliche Steigerung des Blutdrucks mit Erhöhung der Pulswellen und Verlangsamung des Herzschlages statt. Auch der Rhythmus der Respiration wird wesentlich geändert; auf eine tiefe Inspiration folgen prolongirte und kräftige Expirationsanstrengungen. Danilewsky fand die gleichen Veränderungen der Athmung und Circulation, wenn er den Linsenkern, also ein Ganglion, welches in innigster Beziehung zur Ausbreitung des Hirnschenkelfusses steht, oder auch, wenn er die graue Rinde, welche gerade über diesem Ganglion liegt, reizte. Es ist aber sehr zweifelhaft, ob in diesen letzteren Fällen die Erscheinungen als der Effect einer localisirten Reizung aufgefasst werden dürfen; denn die Abtragung der Hemisphären allein hat keinen wesentlichen Einfluss auf den Blutdruck oder auf den Rhythmus der Athembewegungen, und Reizung der tieferen Vierhügelpartien bleibt auch nach Zerstörung des Grosshirnes in gleicher Weise erfolgreich.

Diese Veränderungen in der Circulation und Respiration gleichen vollständig denen, welche nach plötzlicher, kräftiger Reizung sensorischer Nerven auftreten.

Ausserdem haben Valentin und Budge eine directe Einwirkung der Vierhügel auf den Magen, die Gedärme und die Harnblase nachgewiesen. In diesen Wirkungen hätten wir, wenn sie sich bestätigen, einen weiteren Fingerzeig für die innige Beziehung der Vierhügel zu den reflectorischen Gefühlsäusserungen; denn es ist eine bekannte Thatsache, dass unter dem Einflusse gewisser Affecte die Gedärme und die Harnblase sich zusammenziehen, wie sich dies durch die plötzliche Entleerung ihres Inhaltes offenbart. Ganz besonders bei Affen drücken sich Schrecken und Angst in solcher Weise aus.

Sechstes Capitel.

Functionen des Kleinhirnes.

§. 34. Die Leistungen des Kleinhirnes bilden ein Gebiet der Gehirnphysiologie, welches vielleicht am meisten discutirt und gleichwohl bislang noch am unklarsten geblieben ist. Gerade die positiven Erfahrungen der Pathologie sind zu den divergirendsten Schlüssen verwendet worden. Dies mag für den ersten Augenblick befremden, doch wird man sich nicht mehr wundern, wenn man die Umstände genauer in Betracht zieht, welche die von der Pathologie gelieferten Thatsachen häufig unverlässlich erscheinen lassen. Es ist nicht genug, dass wir einfach so viele Fälle von Kleinhirnerkrankungen als möglich zusammenstellen und daraus Schlüsse auf die Leistungen dieses Organes oder auf die Beziehungen zwischen dem Leichenbefunde und den während des Lebens beobachteten Symptomen ziehen. Das Krankheitsbild muss ja verschieden sein, je nachdem die Läsion das Organ, in welchem sie primär auftritt, zerstört oder aber es in einen Reizzustand versetzt, je nachdem sie langsam oder schnell wächst, und schliesslich — und dies ist einer der wichtigsten Umstände — je nachdem sie auf das Kleinhirn beschränkt bleibt oder aber indirect auch die anderen benachbarten nervösen Organe in Mitleidenschaft zieht. Durch Vernachlässigung dieser Gesichtspunkte konnte es geschehen, dass Fälle nebeneinander gestellt wurden, die in ihren Erscheinungen nur wenig Uebereinstimmung, ja manchmal den grellsten Gegensatz darbieten.

Wenn nun allerdings auch die Thatsachen und Schlüsse, welche die Experimentalphysiologie liefert, nicht frei von Widersprüchen erscheinen, so verdanken wir doch gerade dieser Unter-

suchungsmethode die werthvollsten Aufschlüsse über die Functionen des Kleinhirnes.

Die Untersuchungen von Flourens bilden den Ausgangspunkt für die ersten auf inductivem Wege erlangten, verlässlichen Kenntnisse über die Bedeutung dieses Organes.

Wir haben aus den in den früheren Capiteln angeführten Thatsachen den Schluss gezogen, dass die nach Ausschaltung der Grosshirnhemisphären noch möglichen Leistungen, so vielfach und zweckmässig sie auch sein mögen, die Mitwirkung des Bewusstseins, des Willens nicht erfordern. Dem entsprechend werden wir auch dem Kleinhirne im Bereiche des eigentlichen Seelenlebens, der bewussten Handlungen, keine Rolle zuweisen, weder auf dem Gebiete der Wahrnehmung, des Willens, des Affectes, noch auf dem Gebiete der Vorstellungen. Die Experimente überweisen vielmehr dem Kleinhirne eine ganz bestimmte Leistung, sie legen dar, dass es einen wesentlichen Theil des Centralmechanismus bilde, mittelst dessen äussere Eindrücke unmittelbar gewisse Actionen beeinflussen, während sich keinerlei Beweise für seine spontane Leistungsfähigkeit, wie solche den Thieren mit intactem Grosshirne eigen ist, vorbringen lassen. Wir haben gesehen, dass Entfernung des Grosshirnes die Fähigkeit der Equilibration und der Locomotion, sowie die Möglichkeit, gewisse Gefühlsausdrücke laut werden zu lassen, nicht im geringsten beeinträchtigt. Dagegen erzeugen Verletzungen des Kleinhirnes, ob die Hemisphären des Grosshirnes vorhanden sind oder nicht, sehr auffällige Störungen im Bereiche der Gleichgewichtserhaltung und der Locomotion. Flourens beschreibt die Resultate der Kleinhirnverletzungen an Tauben folgendermassen: „Ich habe das Kleinhirn bei einer Taube in successiven Schichten abgetragen. Während der Entfernung der ersten Schichten zeigte sich nur Schwäche und Mangel an Harmonie in den Bewegungen. Bei Entfernung der mittleren Lagen trat eine fast allgemeine Aufregung ein, aber ohne Convulsionen; das Thier führte unregelmässige, heftige Bewegungen aus; dabei sah und hörte es. Während im Verlaufe dieser Operation die Fähigkeit zu springen, zu fliegen, zu gehen und sich aufrecht zu erhalten, schon immer mehr abgeschwächt wurde, ging sie beim Wegschneiden der letzten Schichten gänzlich verloren. Auf den Rücken gelegt, war die Taube nicht mehr im Stande sich aufzurichten. Aber anstatt ruhig und unbeweglich zu bleiben,

wie dies Thiere ohne Grosshirn thun, war sie in einem fast andauernden Zustande von Ruhelosigkeit, von sinnloser Aufregung, ohne sich dabei jemals in einer passenden zweckmässigen Weise zu bewegen. Sie konnte es z. B. sehen, wenn man ihr vor dem Auge drohte, sie wollte dem Schlage ausweichen, machte unzählige Drehungen, um ihn zu vermeiden — aber alles ohne Erfolg. Auf den Rücken gelegt, wollte sie allerdings in dieser Stellung nicht bleiben, allein sie erschöpfte sich in nutzlosen Versuchen, sich wieder zu erheben und musste schliesslich gegen ihren Willen in der unliebsamen Lage verbleiben. Kurz — Wille, Wahrnehmungen und Intelligenz waren erhalten; auch die Möglichkeit, Gesamtbewegungen (*mouvements d'ensemble*) auszuführen, bestand fort, allein die Fähigkeit, diese einzelnen Bewegungen zu einer regelmässigen, zweckmässigen Locomotion einander anzupassen, zu coordiniren, war vollständig abhanden gekommen.“¹⁾

Zahlreiche ähnliche Versuche an Tauben ergaben vollständig identische Resultate, nämlich Verlust der Coordination vom leichten Schwanken bis zu dem höchsten Grade von Bewegungsstörung, je nach der Ausdehnung der Verletzung. In keinem einzigen Falle schien das Sensorium oder die Intelligenz gelitten zu haben.

Flourens fand auch wesentlich die gleichen Erscheinungen nach Kleinhirnverletzungen an vielen anderen Vögeln und an verschiedenen Säugethieren. Bei Vögeln wie bei Säugethieren erzeugten oberflächliche Zerstörungen eine Disharmonie der Bewegungen, welche mit der Ausdehnung der Läsion zunahm, bis bei vollständiger Zerstörung des Kleinhirnes ein gänzlicher Verlust des Vermögens, coordinirte Bewegungen auszuführen, eingetreten war.

Flourens schloss daraus, dass dem Kleinhirne die Fähigkeit zukomme, die Willensbewegungen mittelst gewisser Theile des Nervensystems, wenn die letzteren von anderer Seite her in Erregung versetzt werden, zu coordiniren. Man muss aber die von Flourens beschriebenen Thatfachen und andererseits die Erklärung, welche er von ihnen gibt, wohl trennen und darf nicht, wie es leider so häufig geschieht, beides miteinander vermengen. Die Resultate seiner Versuche, die Thatfachen für sich allein, abgesehen von der Theorie, welche Flourens darauf aufbaut, wurden in der Hauptsache an Vögeln und Säugethieren

¹⁾ Flourens l. c. p. 37.

thieren von allen folgenden Experimentatoren bestätigt. Es kann auch als feststehend angenommen werden, dass die Verletzungen des Kleinhirnes an den genannten Thieren Bewegungsstörungen hervorrufen, welche verschiedenen Intoxicationerscheinungen mehr oder minder gleichen. Die Dauer dieser Symptome ist sehr abhängig von der Ausdehnung der Läsion. Oberflächliche Verletzungen oder einfache Incisionen, wenn sie auch tiefer in die Kleinhirnsubstanz eindringen, bringen nach Flourens nur vorübergehende Erscheinungen hervor; die Thiere erholen sich und gewinnen die vollständige Bewegungskoordination wieder. Wird das Kleinhirn eines Vogels aber vollständig entfernt, dann sind die Gleichgewichtsstörungen dauernd.

Hinsichtlich der Dauer der Erscheinungen stimmen aber Dalton, Wagner und Weir-Mitchell nicht vollständig mit Flourens überein. So fand beispielsweise Weir-Mitchell, dass Tauben, denen er den grössten Theil des Kleinhirnes entfernt hatte, so dass die Thätigkeit dieses Organes gänzlich ausser Spiel gesetzt war, nach Verlauf von Monaten schliesslich bis auf eine gewisse Schwäche und leichte Ermüdung bei längerer Muskelanstrengung sich vollständig wieder erholten, und keine Spur von Incoordination oder Unsicherheit mehr zeigten. Ob sich diese negativen Resultate mit der unzweifelhaften Thatsache, dass durch Kleinhirnverletzungen ausgeprägte Störungen des Gleichgewichtes hervorgerufen werden, in Einklang bringen lassen, werden wir später untersuchen. Diese anscheinende Wiederherstellung lässt sich bloss an Vögeln (Tauben) beobachten, welche eben eine tiefer greifende Verletzung ihres Gehirnes leicht ertragen und lange überleben können. Für Säugethiere fehlen uns ähnliche Versuche, da diese Thiere nach einer so schweren Verletzung, wie Zerstörung des Kleinhirnes, bald zu Grunde gehen. Wir müssen daher, gerade mit Rücksicht auf diese Frage, den Kleinhirnerkrankungen beim Menschen unsere besondere Aufmerksamkeit schenken.

Wenn wir nun aber die in der Literatur angeführten Fälle von Kleinhirnerkrankungen beim Menschen einer genaueren Durchsicht unterziehen, so treffen wir auf zahlreiche Thatsachen, welche sich weder mit dem Thierexperimente, noch mit der Theorie von Flourens leicht in Uebereinstimmung bringen lassen. So finden wir manche Fälle, in denen eine Erkrankung des Kleinhirnes ohne ausgesprochene Coordinationsstörung verlief. Viele von diesen

betreffen allerdings nur oberflächliche, verhältnissmässig leichte Erkrankungen dieses Organes; auf solche Fälle liesse sich allenfalls die Angabe von Flourens anwenden, dass nach oberflächlichen Läsionen die Symptome bald wieder zurückgehen, während in anderen wieder die langsame Entwicklung des krankhaften Processes gegenüber der rasch eintretenden Verletzung beim physiologischen Experimente über manche Schwierigkeiten bei der Erklärung jener mangelhaften Uebereinstimmung hinweghelfen kann.

Andral¹⁾ aber hat 93 Fälle von Kleinhirnerkrankungen zusammengestellt und kam zu dem Schlusse, dass nur ein einziger von ihnen die Theorie von Flourens, nach welcher das Kleinhirn das Coordinationsorgan ist, unterstütze. Andral hat nun allerdings die verschiedenartigsten Fälle, in denen zwischen directen und indirecten Symptomen kaum eine Unterscheidung gemacht werden kann, zusammengeworfen, so dass auch Diejenigen, welche sich im Uebrigen der Ansicht Flourens' von den Kleinhirnfunctionen nicht anschliessen, Andral's Angaben als unzuverlässig, seine Schlüsse als nicht Vertrauen erweckend ansehen. Aber wenn wir auch alle jene Fälle von Kleinhirnerkrankungen, in denen offenbar eine Functionsstörung anderer Gehirnthteile vorlag, ausschliessen, so bleiben uns immerhin noch zahlreiche genau beobachtete und sicher verbürgte Beispiele, welche, wenn sie den Angaben von Flourens nicht direct widersprechen, sich zum wenigsten mit seiner Theorie in der Weise, in welcher er sie hingestellt hat, nicht in Einklang bringen lassen. Aus zahlreichen derartigen Fällen will ich nur wenige anführen. Einer wurde sehr häufig erwähnt, wenn es sich um die Kleinhirnfunctionen handelte. Es ist dies der Fall eines jungen Mädchens mit vollständigem Mangel des Kleinhirnes (Combette²⁾). Die Kranke war bis kurz vor ihrem Tode im Stande zu stehen und zu gehen, und das einzige hier bemerkenswerthe Symptom war, dass sie leicht niederfiel.

Ein anderer Fall, den Bouillaud erzählt, ist der des Vicars Guérin, dessen Kleinhirn sich bei der Section in eine braune, purulente Masse verwandelt fand. Dieser Kranke hatte das Coordinationsvermögen nicht eingebüsst, er konnte gehen, aber unsicher und schwankend. (Es verdient übrigens bemerkt zu werden,

¹⁾ Andral, Clinique médicale, T. V.

²⁾ Combette, Revue médicale, 1831.

dass dies der oben erwähnte einzige Fall von den 93 Fällen der Zusammenstellung Andral's ist, welchen letzterer in Uebereinstimmung mit der Theorie von Flourens fand.)

Vulpian bemerkt in Bezug auf diesen Fall: „Wir haben hier einen Fall, in welchem das Kleinhirn zerstört war, und der Kranke dennoch, wenn auch in unsicherer Weise, gehen konnte. Wenn die Hypothese von Flourens eine begründete wäre, so hätte der Kranke gar nicht stehen und auch nicht einen Schritt gehen können; denn jene Combination von Muskelcontractionen, welche für die Ortsbewegung oder für die aufrechte Stellung nothwendig ist, hätte nicht mehr erreicht werden können.“

Wenn wir nun auch, wie ich glaube, den Werth dieses Argumentes anerkennen müssen, so bleibt dennoch eine wichtige Thatsache, welche mit den Experimenten von Flourens vollkommen übereinstimmt, aufrecht, dass nämlich auch beim Menschen Verletzungen des Kleinhirnes Störungen im Aufrechtstehen und in der Ortsbewegung hervorrufen, die sich hauptsächlich durch schwankenden Gang und unsichere Haltung — gleich dem Zustande eines Betrunkenen — bemerkbar machen.

Bezüglich der Experimente an niederen Wirbelthieren, beispielsweise an Fröschen und Fischen, stimmen die Forscher in ihren Resultaten nicht überein. Vulpian und Philipeaux fanden nach Zerstörung des Kleinhirnes bei Fischen so lange keine Unregelmässigkeiten in der Ortsbewegung, bis nicht die tieferen Verbindungen des Kleinhirnes angegriffen wurden, in welchem letzterem Falle analoge Erscheinungen, wie bei Säugethieren, zur Beobachtung kamen. Bei meinen eigenen Versuchen an Fischen habe ich gesehen, dass Verletzungen des Kleinhirnes die coordinirten Schwimmbewegungen nicht unmöglich machen; doch habe ich regelmässig beobachtet, dass die Thiere nach einer solchen Verletzung entweder auf einer Seite oder auf dem Rücken schwimmen und niemals ihre normale Stellung und Balance einhalten. Ich habe mich jedesmal selbst überzeugt, dass die Verletzung auf das Kleinhirn beschränkt geblieben war und niemals die tiefer liegenden Organe in Mitleidenschaft gezogen hatte.

Auch von den Fröschen geben Vulpian und Philipeaux an, dass Verletzungen des Kleinhirnes keine bemerkbaren Bewegungsstörungen nach sich ziehen. Es ist in der That sehr schwer, nach Zerstörung des rudimentären Kleinhirnes, welches diese Thiere

besitzen, ausgeprägte Symptome zu beobachten; sicherlich geht das Vermögen zu einer coordinirten Ortsbewegung nicht verloren, denn so lange eben nur die *lobi optici* intact sind, bleibt der Frosch in seiner normalen Stellung und springt hinweg, wenn man ihn reizt. Doch hat Goltz bemerkt, dass die Bewegungen, auch bei derart operirten Thieren, einen unsicheren, schwankenden Charakter erhalten, und schreibt daher dem Kleinhirne gewisse Leistungen zu, welche aber vor allem den *lobis optici* zukommen, nämlich die coordinirte Ortsbewegung. Er findet, dass wenn vom Gehirne das Kleinhirn allein erhalten ist, die Frösche in Folge von Reizen noch fortspringen können. Es ist allerdings schwer zu sagen, ob das Kleinhirn und die *lobi optici* beim Frosche functionell enger als bei anderen Thieren miteinander verknüpft sind; doch scheint diese Annahme äusserst wahrscheinlich, wenn anders die Beobachtungen von Goltz correct sind. Ueberhaupt ist eine strenge Differenzirung der Leistungen einzelner Theile des Centralnervensystems beim Frosche schwieriger, als bei anderen Thieren, und wir haben ja auch gesehen, wie die Coordination der Gesamtbewegungen, wenn nur das Rückenmark allein erhalten ist, in so hohem Grade fortbesteht, dass Vorwärtsbewegungen durch die blosse spinale Reflexthätigkeit ausgeführt werden können.

Es ist nicht leicht zu entscheiden, ob bei allen Thieren das Vermögen der Ortsbewegung erhalten bleibt, wenn nur mehr das Kleinhirn vorhanden ist; doch habe ich wenigstens an Fischen beobachten können, dass diese Fähigkeit verloren gegangen war, wenn ich das Grosshirn und die *lobi optici* entfernt hatte; denn dann bewirkten Hautreize bloss reflectorische Bewegungen des Schweifes oder der Flossen, wodurch allerdings ein Wechsel in der Stellung, aber kein wirklicher coordinirter Schwimmacht herbeigeführt wurde. Aus diesen Thatsachen und aus dem, was uns die menschliche Pathologie lehrt, scheint also hervorzugehen, dass das Kleinhirn bei der Coordination der Ortsbewegungen nicht direct betheiligt, dass vielmehr diese Function, wie wir schon früher gesehen haben, in die *lobi optici* zu verlegen sei.

Die früheren Versuche haben mit bemerkenswerther Uebereinstimmung für alle Thierclassen dargethan, dass mechanische Verletzungen des Kleinhirnes in der ersten Zeit, wenn nicht dauernd, derartige Gleichgewichtsstörungen nach sich ziehen, dass das

Aufrechtstehen und die Locomotion schwer und manchmal auch gänzlich unmöglich werden. Dabei sind die Muskeln keineswegs gelähmt, noch erscheint die Ausführung solcher coordinirter Bewegungen, wie sie bei der Locomotion verwendet werden, unmöglich; denn die Thiere besitzen noch die Fähigkeit zu Willensbewegungen, und die eben besprochenen coordinirten Combinationen von Muskelcontractionen können noch ebenso wie früher angeregt werden, doch stehen dieselben nicht mehr in dem richtigen Verhältnisse zur Stellung des Körpers im Raume, und daher kommt es denn, dass das Thier bei seinen Bewegungsversuchen in äusserst hülfloser Weise taumelt und schwankt.

§. 35. Man hat in verschiedener Weise versucht, den Mechanismus dieser eigenthümlichen Gleichgewichtsstörung zu erklären. Brown-Séguard kommt zu dem Schlusse, dass die Bewegungsstörungen nach mechanischer Verletzung des Kleinhirnes in Wirklichkeit nur durch Reizung der benachbarten Organe verursacht werden. Während wir nun allerdings zugeben müssen, dass Läsionen jener Gehirntheile, welche das Kleinhirn umgeben, Bewegungsstörungen hervorrufen, wie die Versuche an den Vierhügeln und an der Brücke lehren, so steht doch diese Theorie von Brown-Séguard keineswegs im Einklange mit den positiven That-sachen sorgfältiger Versuche anderer Experimentatoren mittelst anderer Methoden. Vulpian findet, dass diese Gleichgewichtsstörungen auch dann noch auftreten, wenn die Operation mit der grössten Sorgfalt unter vollständiger Vermeidung der anderen Organe ausgeführt wird; und ich kann mich ihm nur anschliessen. Weir-Mitchell sah, dass ähnliche Erscheinungen, wie nach mechanischer Zerstörung auch auftraten, wenn er das Kleinhirn durch Aetherzerstäubung gefrieren machte, eine Methode, bei welcher jede indirecte Verletzung der Nachbarorgane vermieden wird. Auch Zerstörung des Kleinhirnes auf chemischem Wege oder durch das Cauterium hat Gleichgewichtsstörungen zur Folge, That-sachen, welche alle gegen die Theorie von Brown-Séguard sprechen.

Wenn nun auch Vulpian und Weir-Mitchell gefunden haben, dass auf das Kleinhirn beschränkte Verletzungen hinreichen, um Gleichgewichtsstörungen hervorzurufen, so glaube ich dennoch, dass die genannten Forscher nicht berechtigt sind, die von ihnen beobachteten Symptome einzig und allein auf eine Reizung dieses Organes zurückzuführen. Vulpian ist zwar der Meinung, der Um-

stand, dass die Gleichgewichtsstörungen stärker hervortreten, wenn die tieferen Theile des Kleinhirnes, welche mechanisch erregbar sind, in die Läsion mit einbezogen wurden, gestatte die Schlussfolgerung, dass diese Erscheinungen hauptsächlich, wenn nicht gänzlich, in einer Reizung der Kleinhirnstiele begründet seien. Auch Weir-Mitchell glaubt, dass die Congestion, welche in Folge des Frierens an der Kleinhirnoberfläche auftritt, als ein vitaler Reiz wirke. Doch haben wir in dem letzteren Falle augenscheinlich eine paralytische oder passive Congestion vor uns, welche keineswegs einem activen Reize entspricht, wenn wir überhaupt aus den Wirkungen des Frierenlassens, wie sie sich an anderen Geweben und Organen zeigen, auf das Verhalten des Gehirnes gegen Kälte schliessen dürfen. Versuche mit anderen Methoden und an anderen Theilen des Gehirnes setzen uns in die Lage, ohne besondere Schwierigkeit zu unterscheiden, ob wir es mit Läsionen von reizendem oder von lähmendem Charakter zu thun haben.

Die Resultate einer mechanischen Abtragung der Kleinhirnrinde, welche wie die Rinde des Grosshirnes gegen mechanische Reize unempfindlich ist, sind vielmehr, wie alsbald gezeigt werden soll, nicht als Reizerscheinungen aufzufassen, sondern die Thätigkeit des betreffenden Organes erscheint unterdrückt. Wir können demnach in dem einen wie in dem anderen Falle, wenn es sich um mechanische Verletzungen handelt, nicht von Reizerscheinungen sprechen. Aber auch chemische oder durch ein Cauterium hervorgebrachte Läsionen verursachen nur Verlust der Function, und nicht Reizung. Da es ausserdem feststeht, dass die Gleichgewichtsstörungen lange Zeit nach der Operation noch fort dauern, nachdem schon längst alle Spuren einer activen Reizung vorübergegangen sind, so können wir um so weniger die beschriebenen Störungen auf einen Reizzustand des Kleinhirnes zurückführen. Ich werde später versuchen, zu zeigen, dass sowohl reizende, als zerstörende Angriffe gegen das Kleinhirn Gleichgewichtsstörungen hervorrufen können, dass letztere sich aber in beiden Fällen wesentlich von einander unterscheiden. Ohne dass wir zunächst auf diesen Unterschied zwischen den Reiz- und den Ausfallserscheinungen eingehen wollen, können wir es jedenfalls als eine feststehende Thatsache ansehen, dass die Verletzungen des Kleinhirnes an und für sich, ohne Mitbetheiligung der benachbarten Organe, zu Gleichgewichtsstörungen führen.

§. 36. Bisher haben wir nur die Thatsache im Allgemeinen besprochen, dass nach Angriffen gegen das Kleinhirn Gleichgewichtsstörungen eintreten, ohne jedoch näher darauf einzugehen, ob je nach dem Sitze der Läsion diese Erscheinungen nach der einen oder anderen Seite hin mehr ausgesprochen sind. Wir müssen diesem Gegenstande um so mehr unsere Aufmerksamkeit widmen, als die Lösung dieser Frage viel zur Aufklärung des Gleichgewichtsmechanismus beitragen und die wirkliche Ursache der nach Kleinhirnverletzungen auftretenden Erscheinungen klar legen wird. Wir stossen dabei allerdings auf grosse experimentelle Schwierigkeiten in Anbetracht der Lage des Kleinhirnes und der Gefahr, andere wesentliche Organe zu verletzen, wodurch unliebsame Complicationen hervorgerufen werden.

Wenn wir das Kleinhirn in der Mittellinie genau in sagittaler Richtung durchschneiden, so sind die resultirenden Gleichgewichtsstörungen, wenn solche überhaupt eintreten, sehr unbedeutend, und die Thiere zeigen keine Tendenz, nach der einen oder anderen Seite hin zu rollen. Auch dann, wenn wir zu beiden Seiten die Verletzungen so symmetrisch wie möglich anbringen, sind die Gleichgewichtsstörungen verhältnissmässig gering. Liegen die Läsionen aber unsymmetrisch oder bloss an einer Seite, so erfolgen die Erscheinungen viel ausgeprägter und je nach der verletzten Stelle verschieden.

Wird der vordere Theil des Mittellappens vom Kleinhirne (Fig. 16, 3) verletzt, so stürzt das Thier häufig nach vorne, was besonders bei versuchter Ortsbewegung eintritt (Flourens und Renzi). Ist aber der hintere Theil des Mittellappens (Fig. 16, 2) getroffen, so wird der Kopf nach rückwärts gezogen, und bei jeder Bewegung zeigt sich eine Tendenz, nach hinten zu stürzen. Ich konnte diese Thatsache durch sorgfältige Untersuchungen beim Affen feststellen.

Das Hinterhauptbein wurde über dem *confluens sinuum* entfernt und das Tentorium sorgfältig mit Vermeidung der venösen Sinusse gespalten. Der hintere Theil des Mittellappens (*declive monticuli*, Fig. 16, 2) wurde nun mit einem rothglühenden Drahte durchstossen und in der Mittellinie zerstört; wie die Section ergab, war die Verletzung auf die angegebene Stelle beschränkt geblieben. Unmittelbar nach der Operation wurde der Kopf des Thieres in tonischer Contraction nach rückwärts gezogen. Dies dauerte nur

einige Minuten an, und nachdem das Thier sich von der Narkose erholt hatte, beobachtete man, dass es bei den Versuchen zu stehen auf den Rücken fiel. Es konnte ruhig sitzen, so lange es Gelegenheit hatte, sich zu stützen, sonst aber zeigte sich bei allen seinen Bewegungen die Tendenz, nach rückwärts zu stürzen. Dies hielt während des Tages der Operation und nahezu den ganzen folgenden Tag an, bis das Thier behuf der Section getödtet wurde.

Die angeführten Experimente erhalten eine wichtige Stütze durch die klinische Erfahrung, dass Retraction des Kopfes und eine Tendenz, nach rückwärts zu fallen, ein sehr häufiges Symptom der Erkrankungen des Kleinhirnwurmes darstellen. Bei der grossen Schwierigkeit, die Ausdehnung, in welcher irgend eine Erkrankung des Gehirnes ihren Einfluss äussert, zu begränzen, muss uns die Thatsache, dass Rückwärtsziehen des Kopfes so häufig mit Erkrankungen dieses Gehirnthheiles zusammenfällt, von grosser Bedeutung sein, um so mehr, wenn wir ihre Uebereinstimmung mit dem physiologischen Experimente berücksichtigen.

Wenn wir uns nun zu den Erscheinungen wenden, welche nach Verletzung der Seitenlappen des Kleinhirnes auftreten, so stossen wir bezüglich der Richtung, in welcher sich die Gleichgewichtsstörungen äussern, auf Meinungsverschiedenheiten. Magendie hat gefunden, dass Durchschneidung eines Brückenarmes das Thier zwingt, sich mit unglaublicher Schnelligkeit um seine Längsaxe nach der verletzten Seite hin zu drehen. Wurde z. B. der linke Brückenarm verletzt, so drehte sich das Thier von rechts nach links. Wenn derartig operirte Thiere in einem Käfig in Stroh gelegt wurden, so drehten sie sich unaufhörlich, bis sie wie eine zur Versendung vorbereitete Flasche in Stroh eingewickelt waren. Dieses Experiment wurde von vielen anderen Physiologen wiederholt und von Schiff, Vulpian u. s. w. bestätigt, während Longet und Lussana angeben, die Drehung erfolge nach der gesunden Seite hin.

In der That geschieht die Rotation in den meisten Fällen nach der verletzten Seite hin. Beim Beginne der Drehung bemerkt man gewöhnlich eine auffällige Spiraldrehung des Kopfes und des Rumpfes, welche diese heftige Zwangsbewegung einleitet. Wurde beispielsweise der linke Brückenarm durchschnitten, so dreht sich der Kopf nach rückwärts und rechts, so dass die linke Gesichtshälfte nach unten sieht, der dorsale Theil des

Rückens strebt nach links und abwärts, so dass der Thorax und die vier Extremitäten nach aufwärts in die Luft sehen. Das Resultat ist, dass das Thier sich um seine Axe von rechts nach links dreht. Dabei erfolgt auch eine merkliche Deviation der Augen, welche zuerst von Magendie beschrieben wurde. Das Auge der verletzten Seite sieht nach unten und innen, während das der gesunden Seite nach auf- und rückwärts sieht. Diese Stellung des gesunden Auges entspricht der Drehung des Halses nach rückwärts und rechts.

Das eben Gesagte gilt selbstverständlich von einem Thiere, welches, wie das Kaninchen, auf seinen vier Extremitäten steht, und dessen Wirbelaxe horizontal gerichtet ist. Wenn wir dasselbe Thier auf seine hinteren Beine stellten, so würde es sich um eine verticale Axe drehen, und das Thier von vorne betrachtend, könnten wir nun sagen, es drehe sich von links nach rechts. Dem entsprechend können wir auch behaupten, dass dieselbe Verletzung, welche bei einem vierbeinigen Thiere eine Drehung nach links verursacht, beim Menschen anscheinend eine Rotation nach rechts hervorruft. Wenn aber der Mensch in der Stellung eines Vierfüssers auf dem Boden liegt, so sind bei beiden die Verhältnisse dieselben. Vielleicht kann dieser scheinbare Unterschied in den angeführten beiden Fällen, welche in Wirklichkeit identisch sind, dazu dienen, die Verschiedenheiten in der Angabe der Drehungsrichtungen nach Verletzung des mittleren Kleinhirnschenkels zu erklären.

Ich habe von Verletzungen des Brückenarmes gesprochen, als ob dieselben mit den Verletzungen des Seitenlappens selbst gleichwerthig seien. In der That verhält es sich so. Auch bezüglich der Hemisphären des Kleinhirnes bestehen dieselben Meinungsverschiedenheiten hinsichtlich der Drehungsrichtung. Aber nach den neueren Untersuchungen von Hitzig, mit welchen die meinigen übereinstimmen, geschieht in den meisten Fällen die Drehung nach der verletzten Seite hin, wenn ein ausgedehnter Eingriff gegen einen Seitenlappen des Kleinhirnes ausgeführt wurde. Die Thiere rollten auch in den Versuchen Hitzig's gerade so, wie nach Verletzung der Brückenarme, mit grosser Gewalt nach der verletzten Seite hin.

Allerdings hängt auch viel ab von der Ausdehnung und dem Orte der Läsion in dem Seitenlappen. Ist der letztere gänzlich zerstört, so rollen die Thiere, wie erwähnt, um ihre verticale Axe

nach der verletzten Seite hin. Bei geringeren Verletzungen aber werden die Gleichgewichtsstörungen nicht so erheblich sein, dass es zu einer vollständigen Drehung kommt, sondern die Thiere fallen bloss auf die entgegengesetzte Seite. Ich habe beispielsweise den linken Seitenlappen des Kleinhirnes bei einem Affen frei gelegt und mit dem glühenden Drahte die Oberfläche des hinteren, oberen Lappens in der Tiefe von ungefähr $\frac{1}{4}$ Zoll zerstört (Fig. 16, 4), wie es auch die Section später bestätigt hat. Anfangs waren die Gleichgewichtsstörungen sehr bedeutend, das Thier fiel nach rückwärts und nach rechts, manchmal waren auch diese Bewegungen so heftig und mit Drehungen der Wirbelsäule verbunden, dass sich das Thier um seine Axe nach links drehte. Im weiteren Verlaufe einer 24stündigen Untersuchung fand ich, dass die Tendenz, nach rückwärts und nach rechts zu fallen, fortbestand, wenn das Thier sich bewegen wollte. Dieses Experiment, welches äusserst sorgfältig durchgeführt worden war, zeigt, dass mit umschriebenen Verletzungen des linken Seitenlappens die Tendenz, nach der rechten Seite zu fallen, verbunden ist. Wir haben bereits darauf hingewiesen, dass in Verbindung mit diesen Gleichgewichtsstörungen nach Kleinhirnverletzungen vorübergehende oder andauernde Deviationen der Augen oder bis zu einem gewissen Grade Nystagmus einhergehen. Wir werden die Beziehung dieser Erscheinungen zu den übrigen Bewegungsstörungen dann betrachten, nachdem wir die Resultate der elektrischen Reizung des Kleinhirnes besprochen haben werden.

§. 37. Ich habe bereits vor mehreren Jahren ¹⁾ die bemerkenswerthen Erscheinungen beschrieben, welche besonders seitens der Augenbewegungen auftreten, wenn man die verschiedenen Stellen des Kleinhirnes des Kaninchens auf ähnliche Weise mittelst des elektrischen Stromes reizt, wie ich dies an der Grosshirnrinde gethan habe (vgl. Cap. VII). Seitdem habe ich auch andere Thiere, insbesondere Affen, zu ähnlichen Versuchen verwendet. Ich hatte die Versuche am Kleinhirne des Kaninchens mit sehr vielen Schwierigkeiten verknüpft gefunden, die sich im Laufe meiner Untersuchungen eher vermehrten, als verminderten, so dass ich oft an der Möglichkeit, brauchbare Resultate zu er-

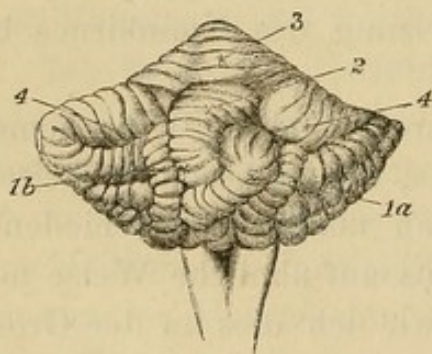
¹⁾ Ferrier, Experimental researches in cerebral physiology and pathology. West Riding Lunatic Asylum Rep. III. 1873.

langen, verzweifelte. Viele Thiere habe ich diesen Versuchen geopfert und nur selten mit Erfolg. Obgleich demnach noch ausgedehntere Untersuchungen wünschenswerth erscheinen, so haben doch meine an Katzen, Hunden und Affen durchgeführten Experimente den am Kaninchen von mir constatirten Einfluss der Kleinhirnreizungen auf die Augenbewegungen bestätigt. Diese Versuche setzen ferner die Beziehung der Augenbewegungen zu den die Gleichgewichtserhaltung bezweckenden Bewegungen, mit welchen sie sich, wie ich gezeigt habe, combiniren, in ein klares Licht.

Elektrische Reizung des Kleinhirnes an Affen.

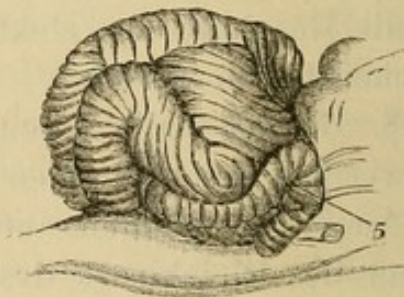
Das Kleinhirn des Affen wird in einer solchen Weise von den Hinterlappen des Grosshirnes bedeckt, dass es behuf der Experimentation in keinem Falle vollständig frei gelegt werden kann. Die nachfolgenden Resultate wurden an zwölf Affen gewonnen, doch konnte immer nur ein Theil des Kleinhirnes der Untersuchung unterzogen werden. Die am leichtesten zugänglichen Theile sind der Wurm, sowie die obere und hintere Fläche der Seitenlappen; gelegentlich wurden jedoch, wie wir gleich sehen werden, auch andere Gegenden erreicht.

Fig. 16.



Das Kleinhirn des Affen von oben und hinten gesehen. 1. Pyramide des Wurmes. 2. Declive monticuli (Abhang) oder hinterer Theil des Oberwurmes. 3. Monticulus (Berg) oder vorderer Theil des Oberwurmes. 4. Hinterer oberer Lappen (halbmondförmiger Lappen) der Kleinhirnhemisphäre. Die Bedeutung der übrigen Nummern ergibt sich aus dem Texte.

Fig. 17.



Das Kleinhirn des Affen von links gesehen. 2. Declive. 3. Monticulus. 5. Flocculus.

1. Wurmpyramide (Fig. 16, 1). Beide Augen wenden sich in einer horizontalen Ebene nach rechts oder links, je nachdem die

Elektroden rechts oder links an irgend einer Stelle der Pyramide aufgesetzt werden.

2. Hinterer Theil des Oberwurmes (*Declive monticuli*, Fig. 16, 2). Wenn die Elektroden gerade in der Mitte aufgesetzt werden: beide Augen direct nach abwärts.

a) Linke Seite des Declive (Fig. 16, a): beide Augen nach abwärts und links.

b) Rechte Seite des Declive (Fig. 16, b): beide Augen nach abwärts und rechts.

3. Vorderer Theil des Oberwurmes (*monticulus*, Fig. 16, 3).

a) In der Mittellinie: beide Augen gerade nach oben.

b) Links: beide Augen diagonal nach oben und links (ohne Drehung).

c) Rechts: beide Augen diagonal nach oben und rechts (ohne Drehung).

4. Kleinhirnhemisphäre, halbmondförmiger Lappen (Fig. 16, 4).

a) Links: beide Augen nach oben mit Drehung nach links.

b) Rechts: beide Augen nach oben mit Drehung nach rechts.

Zahlreiche Experimente an den angegebenen Kleinhirntheilen haben mit auffallender Uebereinstimmung die gleichen Resultate, wie sie eben beschrieben wurden, geliefert; in dem hinteren Theil der Seitenlappen scheinen keine weiteren besonderen Centren unterscheidbar zu sein.

Flocculus (Fig. 17, 5). Bloss zweimal konnte ich, ohne weitere Complication, die Elektroden an diesem Theile erfolgreich ansetzen: beide Augen drehten sich um ihre sagittale Axe. Dabei blieben die verticalen Meridiane der Augen parallel; die Drehung geschah theils im Sinne der Uhrzeigerbewegung, theils in entgegengesetzter Richtung, je nachdem die Elektroden auf dem Flocculus verschoben wurden; doch war es nicht möglich, das Verhältniss zwischen Elektrodenstellung und Drehungsrichtung genügend klar zu legen.

§. 38. Ausser diesen Bulbusbewegungen wurden gleichzeitig Bewegungen des Kopfes und der Glieder beobachtet.

In einer Anzahl von Versuchen wurde der Kopf genau fixirt, um die Bewegungen der Augen besser beobachten zu können; war aber der Kopf frei, so zeigte sich, dass die Drehung des Kopfes in demselben Sinne wie die der Augen erfolgte.

So wurde beispielsweise bei Reizung des Monticulus neben

der Bewegung beider Augen nach oben auch der Kopf nach rückwärts gezogen. Gelegentlich kam es dabei auch zu einer Extension der Beine und zu krampfhaften Bewegungen in den Armen, deren Charakter und Ausdehnung aber nicht genauer präcisirt werden konnte.

Da ähnliche Erscheinungen auch bei Reizung der Vierhügel auftreten, so könnte man leicht zu der Annahme geführt werden, dass es sich hier um Stromeschleifen handle, welche die Vierhügel erreichen; doch beweist uns die Erfahrung, wonach directe oder indirecte Reizung der hinteren Vierhügel, ausnahmslos ein plötzliches Schreien oder Geheul erzeugt, das Gegentheil. War ich bei Reizung der vorderen Kleinhirnpartie zufällig den hinteren Vierhügeln zu nahe gekommen, so konnte ich mich immer davon überzeugen, dass dieser rasche Aufschrei ein ausgezeichnetes Kriterium für die Unterscheidung einer auf's Kleinhirn localisirten Reizung von einer Miterregung der Vierhügel abgibt. Wir müssen demnach die Aufwärtsbewegung der Augen, sowie das Zurückziehen des Kopfes als directe Folgeerscheinungen einer Reizung der vorderen Wurmpartie ansehen.

Mit der Bewegung der Augen nach unten bei Reizung des Declive monticuli verbindet sich eine entsprechende Bewegung des Kopfes nach vorn oder unten. Werden in Folge Reizung des oberen hinteren Kleinhirnlappens die Augen nach oben und aussen (nach links oder rechts) bewegt, so geht zugleich der Kopf, entsprechend der gereizten Seite, nach hinten und rechts oder links.

Die Bewegungen, welche sich an den Extremitäten zeigen, kommen, wenn das Kleinhirn einseitig gereizt wird, auf Seite der Reizung zum Ausdruck; ihr plötzliches, krampfhaftes Auftreten macht es jedoch schwer, sie genauer zu beschreiben. Ausser den angegebenen Erscheinungen bemerkt man bei Reizung des Kleinhirnes auch eine Contraction der Pupillen und zwar besonders auf derselben Seite mit der Reizung; an der gleichseitigen Pupille lässt sich diese Verengerung auch noch einige Zeit, nachdem der elektrische Strom unterbrochen wurde, erkennen.

Niemals bemerkte ich Erbrechen oder ein Symptom von Seiten der Geschlechtsorgane, obwohl ich meine Aufmerksamkeit gerade auf diese Punkte gerichtet hatte.

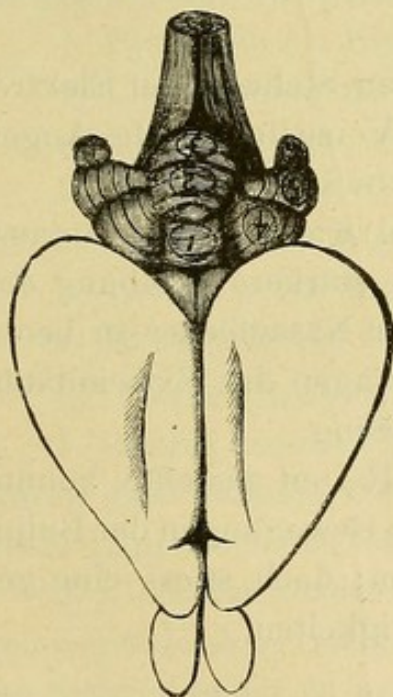
Es ist ferner bemerkenswerth, dass die im Vorstehenden beschriebenen Erscheinungen manchmal nicht augenblicklich nach

dem Aufsetzen der Elektroden zur Beobachtung kommen, sondern zuweilen erst nach Verlauf einer gewissen Zeit mit grösster Präcision eintreten. Ich konnte mich nicht überzeugen, ob dieses verschiedene Verhalten mit dem Grade der Narcose oder etwa mit dem erlittenen Shock in irgend einem ursächlichen Zusammenhange stehe; jedenfalls kann diese wechselnde Erregbarkeit des Kleinhirnes den Gang der Untersuchung stören und leicht zu ganz falschen Schlüssen führen. Mitunter tritt nach dem Ansetzen der Elektroden Nystagmus ein, welcher längere Zeit anhält, so dass man, wollte man zu früh zur Reizung anderer Kleinhirnstellen übergehen, combinirte Erscheinungen erhalten würde. Ich habe meine eben beschriebenen Resultate durch sorgfältige Wiederholung der Versuche und bei Beobachtung der angedeuteten Vorsichtsmassregeln erhalten.

§. 39. Elektrische Reizung des Kleinhirnes an Kaninchen.

Die folgenden Resultate habe ich in meiner oben citirten Arbeit bereits mitgetheilt. Das Kleinhirn des Kaninchens zerfällt in eine Anzahl von Lappchen, die schärfer von einander getrennt sind, als dies beim Affen oder bei anderen höheren Thieren der Fall ist.

Fig. 18.



Obere Fläche des Gross- und Kleinhirnes des Kaninchens. Die Bedeutung der Zahlen ist aus dem Texte zu ersehen.

Fig. 19.



Vordere Ansicht des Kaninchenkleinhirnes.
E. Schnitt durch die Brücke.

Ich werde keineswegs eine homologe Nomenclatur aufzustellen versuchen, sondern nur mit Bezug auf die nebenstehenden Figuren die je nach der Lage der Elektroden wechselnden Erscheinungen beschreiben.

1. Mittellappen.

a) Oberer Theil (1): beide Augen horizontal nach rechts gedreht.

- b) Mittlerer Theil (2) } beide Augen horizontal nach links
 c) Unterer Theil (3) } gedreht.

Es würde also hieraus hervorgehen, dass die verschiedenen sagittalen Abtheilungen des Mittellappens bezüglich der Seite, nach welcher sich die Augen bewegen, einen verschiedenen Einfluss ausüben. Beim Affen fanden wir diesen Unterschied an den entsprechenden Stellen des Kleinhirnes nicht; die Bewegung der Augen erfolgte vielmehr nach rechts oder nach links, je nachdem die Elektroden rechts oder links aufgesetzt wurden. Es ist daher möglich, dass beim Kaninchen eine geringe Verschiebung der Elektroden aus der Mittellinie diese anscheinende Abweichung von der für den Affen gefundenen Regel wenigstens zum Theil bedingt. Jedenfalls steht die Bewegung der Augen in einer horizontalen Ebene fest.

2. Seitenlappen (links).

a) Oberes Läppchen (4): linkes Auge nach oben und innen, rechtes Auge nach unten und aussen gedreht.

b) Mittleres Läppchen (5): linkes Auge nach oben und aussen, rechtes Auge nach unten und innen gedreht.

c) Unteres Läppchen (6): beide Augen drehen sich um ihre sagittale Axe nach rechts.

d) Vorderes unteres Läppchen (7). Aus einem einzigen Versuche scheint hervorzugehen, dass die Augen sich in entgegengesetzter Richtung, wie bei 6, bewegen.

e) Bei einer nicht genau anzugebenden Stellung der Elektroden (etwa 8) gingen (in einem einzigen Versuche) beide Augen nach oben und oscillirten dann auf- und abwärts.

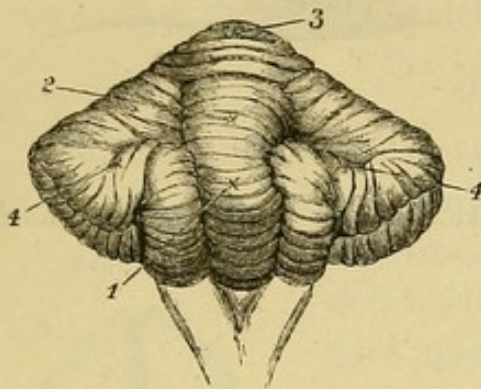
Ausser diesen Bewegungen der Bulbi war auch ein Heraus-treten derselben aus der Orbita und eine stärkere Wölbung der Cornea, sowie ferner eine Erweiterung der Nasenlöcher zu beobachten. Mitunter kam es auch zu Bewegungen der Extremitäten und Ohren auf gleicher Seite mit der Reizung.

In einigen Versuchen, welche ich an Ratten anstellte, konnte ich nach Reizung des Kleinhirnes ebenfalls Bewegungen der Bulbi, Glieder, Nasenflügel und Ohren bemerken; doch stiess eine genauere Localisation auf zu grosse Schwierigkeiten.

§. 40. Elektrische Reizung des Kleinhirnes bei Hunden und Katzen.

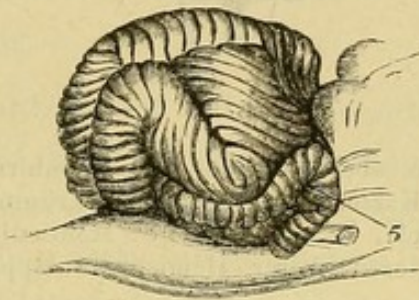
Auch an Hunden und Katzen habe ich diese Versuche wiederholt; wenn sie auch häufig erfolglos waren, so gaben die gelungenen Versuche doch im Wesentlichen übereinstimmende Resultate.

Fig. 20.



Kleinhirn des Hundes von hinten und oben gesehen. 1. Wurmpyramide. 2. Declive. 3. Monticulus. 4. Hinterer oberer Lappen der Kleinhirnhemisphäre.

Fig. 21.



Rechte Seite des Kleinhirnes vom Hunde.
5. Flocculus.

Hunde.

A. Mittellappen.

1. Pyramide (1, Fig. 20).

a) Links: beide Augen nach links.

b) Rechts: beide Augen nach rechts.

2. Declive des Oberwurmes (2, Fig. 20).

a) Mitte: beide Augen nach unten.

b) Links: beide Augen nach unten und links.

c) Rechts: beide Augen nach unten und rechts.

B. Seitenlappen.

1. Oberes hinteres Läppchen rechts (4, Fig. 20): Beide Augen rotiren nach aufwärts und rechts; von den verschiedenen Punkten dieses Läppchens aus ist immer der gleiche Effect zu erlangen.

2. Flocculus rechts (5, Fig. 21): Drehung beider Augen um ihre sagittale Axe, nach rechts oder links, je nach der wechselnden nicht genauer zu präcisirenden Stellung der Elektroden.

Auch beim Hunde erfolgten auf Reizung des Kleinhirnes Bewegungen der Glieder, Nasenflügel und Ohren.

Katzen.

Diese Versuche stimmen mit den eben angeführten im Wesentlichen überein.

Fig. 22.

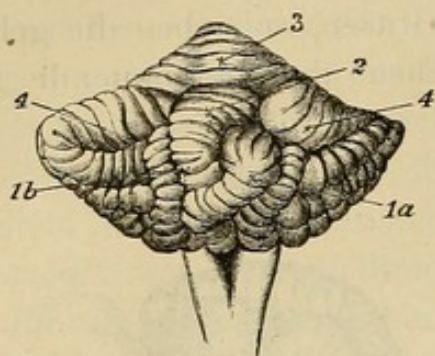
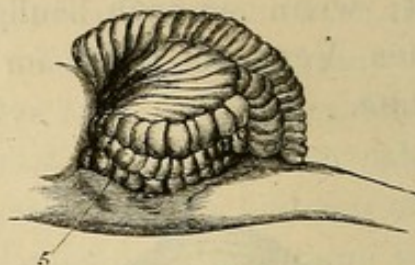


Fig. 23.



Hintere obere Fläche des Kleinhirnes einer Katze. 1. S-förmig gekrümmte Pyramide. 2. Declive. 3. Monticulus. 4. Hinterer oberer Hemisphärenlappen.

Linke Seite des Kleinhirnes der Katze. 5. Flockengegend.

A. Mittellappen.

1. Pyramide (S-förmig gekrümmt) (1 a u. 1 b, Fig. 22).

a) Rechte Curve (1 a): beide Augen nach rechts.

b) Linke Curve (1 b): beide Augen nach links.

2. Declive (2, Fig. 22).

a) Mitte: beide Augen nach unten.

b) Links: beide Augen nach unten und links.

c) Rechts: beide Augen nach unten und rechts.

B. Seitenlappen.

Verschiedene Punkte des hinteren oberen Läppchens.

a) Links: beide Augen nach oben und links.

b) Rechts: beide Augen nach oben und rechts.

Ausserdem wurden bei Reizung der linken Kleinhirnhälfte neben einer Contraction der linken Pupille zugleich Bewegungen der linken Extremitäten beobachtet. Bewegungen des Kopfes konnten nicht constatirt werden.

Die bedeutenden Schwierigkeiten, mit welchen bei Hunden und Katzen die vollständige Freilegung des Kleinhirnes wegen der Nähe der grossen Sinus verbunden ist, machen die Gewinnung verlässlicher Resultate an anderen Stellen des Kleinhirnes unmöglich.

Wenn die Ergebnisse der Untersuchung an Hunden und Katzen auch unvollständig sind, so genügen sie doch, die analoge physiologische Leistung des Kleinhirnes bei diesen Thieren, sowie bei den eingehender und häufiger untersuchten Affen und Kaninchen, klar zu legen.

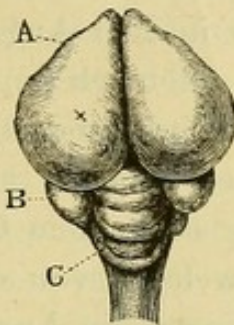
§. 41. Kleinhirnreizung an Tauben und Karpfen.

Des Vergleiches wegen wurden auch einige Versuche an Vögeln und Fischen angestellt.

Tauben.

Reizung des Kleinhirnes an Tauben hat keine Bewegungen des Bulbus zur Folge, allein der Kopf wird, je nach der Lage der Elektroden (rechts oder links), nach rückwärts und nach derselben Seite hin geworfen; häufig wird auch der Flügel derselben Seite ausgebreitet und das Bein heraufgezogen.

Fig. 24.

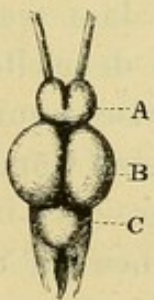


Gehirn einer Taube.
A. Grosshirn. B. *Lobi optici*. C. Kleinhirn.

Karpfen.

Bei Reizung der rechten Seite wird das gleichseitige Auge nach vorne geschneilt, der Schweif nach rechts gebogen, die Flossen werden ausgebreitet. Reizung links hat die gleichen Erscheinungen an der linken Körperhälfte zur Folge, während bei Reizung in der Mittellinie beide Augen kräftig nach vorwärts bewegt werden, der Schweif dem Kopfe genähert wird und die Flossen sich ausbreiten — ein Zustand von Opisthotonus.

Fig. 25.



Gehirn eines Karpfen.
A. Grosshirn.
B. *Lobi optici*.
C. Kleinhirn.

§. 42. Die Versuche am Kleinhirne der Säugethiere sind im Stande, Aufklärung über gewisse Erscheinungen zu verschaffen, welche wir häufig bei Erkrankungen oder Verletzungen des Kleinhirnes beobachten; sie machen uns unter anderem das Auftreten des Nystagmus oder verschiedener Deviationen der Augen neben den Gleichgewichtsstörungen begründlich. Sie erhalten ausserdem noch eine wesentliche Bestätigung durch die Erscheinungen, welche wir beim Menschen beobachten, wenn ein galvanischer Strom transversal in der Gegend

des Kleinhirnes den Schädel durchströmt. Diese Erscheinungen wurden zuerst von Purkinje¹⁾ beschrieben und in neuerer Zeit durch Hitzig²⁾ einer eingehenden Untersuchung unterzogen. Wenn ein galvanischer Strom von mässiger Intensität durch den Schädel geleitet wird, indem man die Pole einer Batterie in die *fossae mastoideae* gerade hinter den Ohren legt, so empfindet das Individuum ein Schwindelgefühl, bei welchem das Verhältniss seines Körpers zu den umgebenden Objecten scheinbar oder thatsächlich gestört ist, oder aber die äusseren Objecte ihr räumliches Verhältniss zu dem Körper zu ändern scheinen. Die Richtung, in welcher das Gleichgewicht gestört wird oder in welcher die äusseren Objecte sich zu bewegen scheinen, hängt von der Richtung des galvanischen Stromes ab. Wird der positive Pol, die Anode, in die rechte *fossa mastoidea* gelegt, und der negative, die Kathode, in die linke, wird also der Strom von rechts nach links durchgeleitet, so sinken der Kopf und der Körper in dem Augenblicke, in welchem der Strom geschlossen wird, plötzlich gegen die Anode, während die äusseren Objecte sich nach links zu drehen scheinen. Die Richtung, in welcher die äusseren Objecte sich drehen, wurde von Purkinje mit der Drehung eines dem Gesichte parallelen, aufrechten Rades verglichen, welches von der Seite der Anode nach der Kathodenseite kreist. Waren die Augen geschlossen, so wurde die anscheinende Bewegung auf das Individuum selbst übertragen, so dass es das Gefühl hatte, als würde es plötzlich von rechts nach links gedreht, oder als ob ihm seine Basis plötzlich auf der linken Seite weggezogen würde. Die Richtung dieser Erscheinungen ist eine umgekehrte, wenn der positive Pol links und der negative rechts angelegt werden, oder wenn man bei der ersten Elektrodenstellung den Strom nicht schliesst, sondern unterbricht. Hitzig hat gesehen, dass wenn sich der Kopf gegen die Anode bewegt, die Augen in demselben Sinne ihre Stellung verändern und häufig in zitternde Bewegung, Nystagmus, gerathen. Diese Deviation der Bulbi ist eine Combination von lateraler und rotatorischer Augenbewegung.

Wenn wir nun die objectiven Erscheinungen eines auf die angegebene Weise durch den Kopf geleiteten galvanischen Stromes von den rein subjectiven Symptomen trennen, so sehen wir in der

¹⁾ Purkinje, Rust's Magazin, 1827.

²⁾ Hitzig, Untersuchungen über das Gehirn, S. 196.

Neigung des Kopfes und der Augen gegen die Seite der Anode hin bei Schliessung des Stromes wesentlich die nämlichen Wirkungen wie nach directer Application der Elektroden auf diese Seite des Kleinhirnes, wobei ja, wie die früheren Experimente gezeigt haben, Kopf und Bulbi nach der gleichen Seite hin bewegt und gleichzeitig bis zu einem gewissen Grade gedreht werden. Dies gibt uns ein Recht, jene Erscheinungen durch eine Reizung des Kleinhirnes auf Seite der Anode zu erklären, um so mehr, als Hitzig bei seinen Versuchen über die galvanische Erregbarkeit des Grosshirnes die Anode besonders wirksam fand. Damit stehen auch die Gesetze des Elektrotonus in Einklang, nach welchen bei Oeffnung des Stromes die Reizverhältnisse die umgekehrten als bei Schliessung sind; es wird bei der Stromunterbrechung nun auf Seite der Kathode die grössere Wirkung eintreten, und daher die andere Kleinhirnhälfte gereizt, so dass sich Augen und Kopf nach der anderen Seite hin bewegen.

Ausser diesen rein objectiven Symptomen bemerken wir aber auch gewisse Bewusstseinsvorgänge, die bei Erledigung der Frage nach dem Wesen des im Kleinhirn localisirten Coordinationsvorganges nicht zu übersehen sind; wir dürfen aber diese Bewusstseinsvorgänge nur als Begleiterscheinungen, nicht als wesentliche Factoren einer Kleinhirnthätigkeit ansehen. Die Thatsache, dass Ablation der Grosshirnhemisphären das Bewusstsein und die Willensthätigkeit vernichtet, während die Function der Gleichgewichtserhaltung ungetrübt bleibt, lehrt uns, dass die Vermittlung zwischen Sinneseindrücken und gewissen motorischen Acten, wie dies im Kleinhirne stattfindet, ein vom Bewusstsein unabhängiger Vorgang ist. Es scheint mir demgemäss vollkommen falsch zu sein, wenn man die oben beschriebenen objectiven Erscheinungen durch Bewusstseinsvorgänge, wie Schwindelgefühl, oder Gefühl, als ob die unterstützende Basis von einer Seite zur anderen unter dem Körper weggezogen würde, zu erklären versucht. Die subjectiven Phänomene begleiten die objectiven bloss, und hängen nicht mit der Thätigkeit des Kleinhirnes, sondern ausschliesslich mit der des Grosshirnes zusammen, gerade so wie Reflexactionen unter Mitwirkung des Bewusstseins vor sich gehen können, ohne dass dieses selbst einen Theil des Reflexmechanismus darstellt. Wenn wir diesen Gesichtspunkt festhalten, werden wir das Verhältniss zwischen den objectiven und den subjectiven

Erscheinungen der Kleinhirnreizung besser feststellen können. Sobald Kopf und Augen sich nach der Seite der Anode hin wenden, scheinen sich die äusseren Objecte nach der entgegengesetzten Richtung hin zu bewegen. Bei geschlossenen Augen hingegen hat die Person das Gefühl, als ob sie in derselben Richtung gedreht würde, in welcher bei offenen Augen die Scheinbewegung der äusseren Objecte stattfindet. Die Scheinbewegung nach links fällt, wie Hitzig deutlich nachgewiesen hat, mit der Bewegung der Augen nach rechts zusammen, sobald die Anode in der rechten *fossa mastoidea* angebracht und der Strom geschlossen wird. Es ist dies dieselbe Scheinbewegung, als wenn die Augen plötzlich nach rechts abgewendet werden. Fixiren wir einen Gegenstand mit dem rechten Auge und drücken dieses von seiner inneren Seite her gegen rechts, so scheint das Object sich nach links zu verschieben. In der gleichen Weise führt der Gegenstand eine Scheinbewegung nach rechts aus, wenn der Bulbus nach links hin gedrückt wird; ebenso scheint sich das Object nach oben oder nach unten zu bewegen, je nachdem der Augapfel hinab oder hinauf gedrückt wird.

Wenn ferner der Körper rasch um seine verticale Axe von rechts nach links gedreht wird, so führen die äusseren Objecte Scheinbewegungen von links nach rechts aus, und zwar dauern dieselben auch nach dem Aufhören der Drehung noch einige Zeit fort in Folge des Beharrens der Gesichtseindrücke. Bei solchen Scheinbewegungen der äusseren Objecte tritt ein Gefühl von Schwindel, von Unsicherheit ein; die compensatorische Leistung, um das Gleichgewicht aufrecht zu erhalten, besteht, wenn die Drehung nach links statt hat, in der Neigung des Kopfes und des Körpers nach rechts und in der Deviation der Augen nach rechts, gleichsam um die Objecte nicht aus dem Gesichtsfelde zu verlieren. Eine absichtliche, bewusste Bewegung der Augen nach rechts, wenn der Körper nach links gedreht wurde, genügt, um die Scheinbewegung der Gegenstände, welche nach Aufhören der Drehung noch fort dauert, zu unterdrücken.

Aus diesen Thatsachen scheint hervorzugehen, dass die Erscheinungen, welche wir bei Reizung der rechten Kleinhirnhälfte beobachten, eine natürliche compensatorische Thätigkeit darstellen, die hervorgeht aus dem Gefühle, von rechts nach links gedreht zu werden; dies wird noch dadurch wahrscheinlicher ge-

macht, dass diese scheinbare Drehung nach links die einzige Empfindung ist, welche auch bei geschlossenen Augen und selbst dann noch zu Stande kommt, wenn der Körper in der That nach rechts geneigt ist.

Wir können daher sagen, dass die rechte Hälfte des Kleinhirnes ein Coordinationsorgan für jenen Muskelmechanismus darstellt, welcher einer Störung des Gleichgewichtes nach der entgegengesetzten Seite hin vorbeugt, und dass eben zu diesem Zwecke Bewegungen des Kopfes, der Augen und der Extremitäten an der rechten Seite nothwendig sind. Diese Bewegungen erfolgen demnach auch bei directer Reizung des genannten Kleinhirnthelles selbst. Ebenso können die Bewegungen, welche wir bei Reizung des vorderen Wurmtheiles auftreten sahen, nämlich Rückwärtsziehen des Kopfes, Ausstrecken des Rumpfes und der Glieder, sowie Aufwärtsbewegung der Augen, als eine natürliche compensatorische Anstrengung angesehen werden, um einer scheinbaren Drehung nach vorwärts um eine horizontale Axe entgegenzuwirken. Wir dürfen daher annehmen, dass die subjective Seite dieses objectiven Phänomenes in dem Gefühle besteht, als würde man wie ein Rad um eine horizontale Axe von hinten nach vorne gedreht. Die Vorwärtsbewegung des Kopfes und die Abwärtsbewegung der Augen bei Reizung des hinteren Wurmabschnittes sind in der gleichen Weise die compensatorischen oder antagonistischen Actionen für eine Störung des Gleichgewichtes in der entgegengesetzten Richtung, d. h. von vorne nach rückwärts. In diesem Falle muss das Gefühl bestehen wie ein Rad um eine horizontale Axe von vorne nach hinten gedreht zu werden.

Das Kleinhirn scheint demnach aus einer Anzahl differenten Centren zu bestehen, welche in gemeinsamer Thätigkeit die verschiedenen zur Erhaltung des Gleichgewichtes nothwendigen Muskelbewegungen reguliren. Jeder Versuch, das Gleichgewicht um eine horizontale, verticale oder sonst eine Axe zu verrücken, wirkt als ein Reiz für diese speciellen Centren, welcher die antagonistischen, compensatorischen Actionen anregt.

Jede active Muskelthätigkeit muss das Körpergleichgewicht mehr oder minder stören, so dass wir auf Grundlage unserer Hypothese erwarten dürfen, das Kleinhirn bei verschiedenen Thieren im Verhältniss zur Mannigfaltigkeit der Muskelleistungen, deren sie fähig sind, ausgebildet zu finden.

Die Thatsachen der vergleichenden Anatomie bestätigen nach Owen ein solches Verhältniss. Wir müssen ferner erwarten, dass eine Verletzung, welche die functionelle Thätigkeit einer der besonderen cerebellaren Centren vernichtet, sich in einer Störung des Gleichgewichtes nach der entgegengesetzten Seite hin bemerkbar macht. Dies steht auch mit den Thatsachen des Experimentes in Uebereinstimmung. Wir haben gesehen, dass eine Reizung des vorderen Theiles des Oberwurmes eine Muskelthätigkeit hervorruft, welche geeignet ist, einem Falle nach vorwärts entgegenzuwirken; daher zeigt sich bei Zerstörung dieses Theiles eine Tendenz nach vorne zu fallen. Wir sehen hier einerseits den negativen Effect, bedingt durch die Ausschliessung eines dieser Centren, und andererseits den positiven Effect, welchen die antagonistischen unverletzten Centren ausüben. In der gleichen Weise wird durch Reizung des hinteren Theiles des Oberwurmes einem Falle nach rückwärts vorgebeugt, während Zerstörung dieses Theiles sich gerade durch die Tendenz nach rückwärts zu stürzen manifestirt.

Die Seitenlappen des Kleinhirnes enthalten Centren für complicirte Muskelleistungen, als Compensation für laterale, sowie für diagonale und rotatorische Verschiebungen des Körpers nach der entgegengesetzten Seite hin. Dem entsprechend haben wir bei Verletzungen der Seitenlappen Gleichgewichtsstörungen gefunden, entweder lateral nach der entgegengesetzten Seite, oder als Combinationen einer lateralen und rotatorischen Bewegung unter der Form von Rollbewegungen nach der verletzten Seite hin. Die Folgen einer Verletzung der Seitenlappen des Kleinhirnes können daher verschiedenartig sein, woraus wir uns manche von den einander widerstreitenden Resultaten, welche die einzelnen Experimentatoren erhalten haben, erklären können.

§. 43. Der Mechanismus der vom Kleinhirne geleisteten Coordination ist vollständig unabhängig von der Bewusstseinsthätigkeit, vom Willen, und ist demnach ein Beispiel einer ästhetikokinetischen Leistung. Wenn wir nun theoretisch bei allen Thieren und praktisch bei vielen, ohne Beeinträchtigung des Gleichgewichtsmechanismus, Bewusstsein und Willen durch Entfernung des Grosshirnes ausschliessen können, so ist doch in normalen Zustände die Thätigkeit des Kleinhirnes mit der des Grosshirnes associirt und diese gemeinsame Thätigkeit kann uns viele Thatsachen erklä-

ren, welche mit der über die Function des Kleinhirnes im Ganzen und seiner einzelnen Theile von uns ausgesprochenen Ansicht im Widerspruche zu stehen scheinen.

Die Störung des Gleichgewichtes nach der einen oder der anderen Seite hin regt nicht nur in reflectorischer Weise eine Reihe von compensatorischen Muskelleistungen an, sondern es werden dadurch auch gewisse bewusste Anstrengungen von ähnlicher antagonistischer oder compensatorischer Natur hervorgerufen. Bei der Gefahr vorwärts zu fallen, gerathen also gewisse Muskeln, wodurch der Körper nach rückwärts gezogen wird, nicht allein reflectorisch in Thätigkeit, sondern wir werden auch absichtlich und bewusst in derselben Weise passende Anstrengungen machen. Dieselben Bewegungscombinationen, welche vom Kleinhirne aus angeregt werden, stehen also auch unter der Controle des Willens und können unabhängig vom Kleinhirne durch die Thätigkeit der Grosshirnhemisphären hervorgebracht werden.

Verletzungen des Kleinhirnes verursachen daher, obwol dadurch der zur Erhaltung des Gleichgewichtes nothwendige Mechanismus gestört wird, keine Lähmung der bei dieser Thätigkeit beteiligten Muskeln. Dies ist eine äusserst wichtige Thatsache, welche, wenn sie auch von Manchen angezweifelt wird, dennoch experimentell gänzlich ausser Frage gestellt ist. Während des wildesten Stürzens und Rollens der Tauben oder anderer Thiere, deren Kleinhirn zerstört worden war, ist kein Zeichen von Muskel-
lähmung zu erkennen. Ich habe das Muskelsystem von Affen genau untersucht, bei welchen in Folge einer Kleinhirnverletzung so beträchtliche Gleichgewichtsstörungen vorhanden waren, dass Ortsbewegung unmöglich war, und habe die Bewegungen des Kopfes, des Rumpfes und der Glieder in der liegenden Stellung vollkommen frei ausführbar gefunden. Die Thatsachen, aus welchen man auf eine gekreuzte Lähmung bei Kleinhirnläsionen geschlossen hat, bedürfen vielmehr einer ganz anderen Erklärung. Man hat allerdings häufig Tumoren oder apoplectische Ergüsse in einer Kleinhirnhalbkugel mit Hemiplegie der anderen Körperhälfte beobachtet, doch ist eine solche Lähmung, wie dies Vulpian ganz richtig bemerkt, nur das Resultat einer Compression der in der Brücke und Medulla oblongata verlaufenden Bahnen und nicht die Folge einer Verletzung des Kleinhirnes selbst. Da die eben genannten Bahnen sich im verlängerten Marke kreuzen, so wird

sich eine derartige Compression in Folge eines Kleinhirntumors durch Lähmung der entgegengesetzten Körperhälfte äussern.

Solche Kleinhirnläsionen hingegen, welche keinen Druck auf die darunter liegenden Organe ausüben, verursachen auch keine gekreuzte Hemiplegie. Die Seitenlappen des Kleinhirnes coordiniren die Muskelbewegungen derselben Körperseite; da sie aber nur durch Reflexreize in Action versetzt werden, so wird durch eine Kleinhirnverletzung auch nur diese reflectorische Coordination aufgehoben, was von einer Lähmung der Willensbewegung wesentlich zu unterscheiden ist. Die Erscheinungen sind, wie wir sie immer benennen mögen, direct und nicht gekreuzt.

Indem ich die Folgen einer Kleinhirnläsion als Lähmung eines eigenthümlichen, reflectorisch wirkenden Mechanismus bezeichne, so folgere ich daraus noch nicht die Lähmung der Reflexthätigkeit überhaupt. Eine Reflexlähmung, welche durch eine Rückenmarksläsion bedingt ist, muss nothwendiger Weise auch mit einer Lähmung der Willensbewegungen verbunden sein, indem ja dabei die Leitung von den Hemisphären her unterbrochen wird. Es wurde aber bereits erwähnt, dass dieselben Muskelleistungen, welche im Kleinhirne für die Erhaltung des Gleichgewichtes coordinirt werden, auch willkürlich durch Vermittlung des Grosshirnes ausführbar sind. Wenn demnach die Kleinhirnläsionen den für die Gleichgewichtserhaltung nothwendigen regulatorischen Apparat ausser Wirksamkeit setzen, so können sie gleichwohl nicht die Willensbewegung in denselben Muskeln aufheben, wie ja umgekehrt bei Entfernung des Grosshirnes Lähmung jeder Willensbewegung neben unbeeinträchtigter Kleinhirncoordination besteht. Wenn wir diese nothwendige Unterscheidung festhalten, so können wir begreifen, wie umschriebene Kleinhirnerkrankungen bloss vorübergehende Erscheinungen hervorrufen, und wie auch bei gänzlicher Zerstörung des Kleinhirnes die meisten Symptome schliesslich wieder schwinden können.

Gleich nach der Verletzung des Kleinhirnes sind die Gleichgewichtsstörungen am auffallendsten, was sich aus der plötzlichen Beeinträchtigung des für die Erhaltung des Gleichgewichtes bestimmten, selbstthätigen Mechanismus leicht erklären lässt. Nachdem aber das Thier im Stande ist, mit Hülfe des Bewusstseins die Mängel dieses Mechanismus nach und nach auszugleichen, so wird im Laufe der Zeit eine vom Willen des Thieres abhängige Compensation ermöglicht, welche ihm gestattet, das Gleichgewicht,

wenn auch vielleicht mit geringerer Sicherheit als früher, aufrecht zu erhalten.

Je ausgedehnter die Verletzung war, um so beträchtlicher wird die Störung des Gleichgewichtsmechanismus sein, und um so schwieriger wird es, mittelst bewusster Anstrengungen die für die Erhaltung des Gleichgewichtes nothwendigen Muskelactionen vorzunehmen. Die Gleichgewichtsstörungen werden daher entsprechend länger andauern, und erst nach einer sehr beträchtlichen Zeit wird der früher unwillkürlich arbeitende Apparat durch die Willensthätigkeit ersetzt sein; damit aber dieser Ersatz überhaupt stattfinden könne, muss die Aufmerksamkeit des Thieres nothwendig immer darauf gerichtet sein, den Störungen des Körpergleichgewichtes vorzubeugen, so dass durch diese fortwährenden verschiedenen Muskelanstrengungen schliesslich die Kräfte des Thieres sehr in Anspruch genommen und nach einiger Zeit starke Ermüdung und Erschöpfung erzeugt werden. Dies war in der That bei einer von Weir-Mitchell beobachteten Taube der Fall, welche trotz ausgedehnter Verletzung des Kleinhirnes nach mehreren Monaten allerdings die Sicherheit ihrer Bewegungen wieder gewonnen hatte, aber durch jede Muskelthätigkeit sehr leicht ermüdete; auf diese Erfahrung gründete er seine Theorie, dass das Kleinhirn eine Kraftquelle für die übrigen Nervencentren darstelle. Das Kleinhirn kann allerdings insofern als eine Kraftquelle für die höheren Gehirncentra angesehen werden, als es die Arbeit der letzteren häufig, wie z. B. bei der Gleichgewichtserhaltung, überflüssig macht; die wahre Ursache der Ermüdung bei unserer Taube liegt aber nicht in dem Verluste eines hypothetischen, fortwährend Kraft ausströmenden Reservoirs, sondern in der andauernd angespannten Aufmerksamkeit, in den unausgesetzten bewussten Anstrengungen.

Wenn es uns gelänge, Gross- und Kleinhirn einer Taube zu entfernen und das Thier am Leben zu erhalten, so könnten wir mit Sicherheit voraussagen, dass das Vermögen der Equilibration niemals wieder hergestellt wird.

Auf diese Weise können wir es uns auch erklären, wie manche Fälle von Kleinhirnerkrankungen mit nur geringen oder mit gar keinen Gleichgewichtsstörungen verlaufen. Eine nur langsam fortschreitende Erkrankung bietet die günstigsten Bedingungen für den Ersatz des zu Grunde gehenden, sich selbst regulirenden Apparates durch eine Bewusstseinsthätigkeit. Es ist dabei immer-

hin noch fraglich, wie weit beim Menschen ein solcher Ersatz stattfinden kann; ein gewisser Mangel an Sicherheit und Kraft der Bewegungen und eine fortgesetzte Tendenz zu schwanken oder zu fallen, ist bei Erkrankungen des Kleinhirnes in der Regel zu beobachten.

§. 44. Wir haben an einer früheren Stelle (Cap. 4) nachgewiesen, dass die Erhaltung des Körpergleichgewichtes ein Beispiel einer adaptiven ästhetiko-kinetischen Action darstellt, welche dadurch zu Stande kommt, dass gewisse centripetale Eindrücke im Centralorgan bestimmte motorische Leistungen auslösen. Wir haben auch gesehen, dass die centripetalen Factoren dieses Apparates dreifacher Art sind: die tactilen, die optischen und die ampullären Eindrücke, und dass Störungen an irgend einer Stelle im Verlaufe dieses centripetalen Systemes auffällige Gleichgewichtsstörungen nach sich ziehen. Die erwähnten Versuche über das Kleinhirn rechtfertigen den Schluss, dass es das Centralorgan für den in Rede stehenden Uebertragungsact sei. Diese Ansicht findet noch eine Bestätigung durch eine Vergleichung der Gleichgewichtsstörungen, welche bei Kleinhirnerkrankungen auftreten, mit denen, welche die krankhaften Processe an dem zuführenden Apparate begleiten, als auch nicht weniger durch die anatomischen Verhältnisse des Kleinhirnes.

Die centripetalen Eindrücke, welche dem Kleinhirne zugeführt werden und seine Thätigkeit anregen, können wir im Gegensatze zu psychischen Processen als rein physische Vorgänge ansehen, und obschon unter normalen Verhältnissen das Bewusstsein auch bei den Vorgängen im Kleinhirne mitwirkt, so ist es doch dabei keineswegs wesentlich. Wir dürfen daher auch nicht erwarten, dass Erkrankungen oder Verletzungen dieses Organes irgend eine Störung der tactilen Gesichts- oder Gehörs wahrnehmungen im engeren Sinne hervorrufen werden, wenn auch eine directe Verbindung dieser Nerven mit dem Kleinhirne anatomisch nachweisbar erscheint. Hinsichtlich dieses Punktes bestehen allerdings bedeutende Meinungsverschiedenheiten, in die wir etwas näher eingehen müssen.

Das Kleinhirn wurde einst als *sensorium commune* oder als gemeinsames Centrum der Empfindungen angesehen. Diese Ansicht wurzelte hauptsächlich in der anatomischen Anschauung, dass die Hinterstränge des Rückenmarkes direct in die *corpora*

restiformia, in die unteren Kleinhirnschenkel (3, Fig. 3) übergehen. Später wurde diese Continuität von Vielen geleugnet, doch haben es die neueren Untersuchungen von Meynert wahrscheinlich gemacht, dass die *corpora restiformia* allerdings die Fortsetzung der Hinterstränge, aber in gekreuzter Weise darstellen. Würde man die Hinterstränge als die Leitungsbahnen für die tactilen Empfindungen ansehen, so hätte die Ansicht, dass das Kleinhirn ein Centralorgan für die Tastempfindungen sei, ihre Berechtigung. Allein wir haben gesehen, dass gerade die neuesten Untersuchungen über die Leistungen des Rückenmarkes diese Ansicht von den Functionen der Hinterstränge nicht unterstützen, indem nach Durchschneidung dieser Bahnen die Empfindlichkeit nicht verloren geht. Brown-Séguard hat auch gezeigt, dass Durchschneidung der strickförmigen Körper keinen Verlust der tactilen Empfindlichkeit nach sich zieht. Halten wir diese That-sachen der Experimentalphysiologie mit denen der menschlichen Pathologie zusammen, so können wir mit grösster Sicherheit die Ansicht, dass Verletzungen des Kleinhirnes den Verlust der tactilen Empfindungen nach sich ziehen, zurückweisen. Flourens, Vulpian und Andere haben an Thieren, denen das Kleinhirn entfernt worden war, keine Spur von cutaner Anästhesie bemerken können, und meine eigenen Versuche an Affen stehen damit in vollständiger Uebereinstimmung. Selbst bei beträchtlichen Verletzungen des Kleinhirnes bleibt die Hautempfindlichkeit intact.

Lussana hat die Theorie aufgestellt, dass Verletzungen des Kleinhirnes den Muskelsinn vernichten, und führt die Gleichgewichtsstörungen auf diesen Umstand zurück. Doch steht diese Hypothese weder im Einklange mit den klinischen Erfahrungen, noch wird sie durch das Experiment unterstützt. Beim Menschen finden wir Störungen des Muskelsinnes niemals, ohne dass auch gleichzeitig andere Formen von tactiler Anästhesie vorhanden wären. Es ist allerdings sehr schwer, für das Vorhandensein des Muskelsinnes bei den meisten Thieren, wie sie gewöhnlich für das Experiment verwendet werden, einen Beweis zu finden; doch habe ich Affen beobachtet, welche, in Folge einer Verletzung des Kleinhirnes unfähig, ihr Gleichgewicht zu erhalten, dennoch mit derselben Kraft und Sicherheit, wie früher, Gegenstände ergreifen und festhalten konnten: Handlungen, welche mit dem Verluste der Haut- oder Muskelempfindlichkeit ganz unver-

einbar sind. Die klinischen Erfahrungen führen zu demselben Schlusse. Diese Thatsachen beweisen übrigens nichts gegen die Annahme, dass das Kleinhirn vermittelt der *corpora restiformia* mit gewissen für die Erhaltung des Gleichgewichtes nothwendigen tactilen Eindrücken in Verbindung gesetzt sei.

§. 45. Der Gehörnerv steht, wie dies Lockhart-Clarke und Meynert gezeigt haben, durch Vermittelung der strickförmigen Körper in directer Verbindung mit dem Kleinhirne. Die Ansicht von Meynert, dass die gesammten Wurzeln des Gehörnerven zunächst in das Kleinhirn eintreten und nur indirect, vielleicht durch die oberen Kleinhirnschenkel oder durch das vordere Marksegel, mit dem Grosshirne in Verbindung gebracht seien, ist aber augenscheinlich unhaltbar. Denn wir werden später eine besondere Region des Grosshirnes kennen lernen, deren Zerstörung den Gehörsinn vernichtet (§. 66), und wissen auch, dass bei Thieren, denen das Kleinhirn zerstört worden war, der Gehörsinn nicht gelitten hat. In demselben Sinne sprechen auch die klinischen Erfahrungen; denn nichts ist seltener, als Störungen des Gehörs bei Kleinhirnerkrankungen, ja sie treten eben nur dann auf, wenn der Gehörnerv durch die Erkrankung direct ergriffen erscheint. Wir haben aber die grosse Bedeutung der ampullären Eindrücke für den Gleichgewichtsmechanismus kennen gelernt, und diese anatomische Verbindung des Gehörnerven mit dem Kleinhirne ist uns eine neue Stütze für die Ansicht, dass das Kleinhirn das Centralorgan für die Gleichgewichtserhaltung sei.

Eine bemerkenswerthe Uebereinstimmung finden wir auch zwischen den Erscheinungen nach Verletzung der Bogengänge und denen, welche auf Zerstörung oder Entfernung gewisser Theile des Kleinhirnes erfolgen. Verletzung des oberen verticalen Bogenganges bewirkt eine Störung des Gleichgewichtes nach vorn um eine horizontale Axe, gerade so wie bei Zerstörung des vorderen Theiles des Oberwurmes. Ebenso entsprechen sich die Erscheinungen (Bewegung nach rückwärts um eine horizontale Axe) bei Verletzung des hinteren verticalen Bogenganges und der des hinteren Theiles des Kleinhirnlappens; wir finden endlich dieselben lateralen oder rotatorischen Bewegungen um eine verticale Axe bei Verletzung der horizontalen Canäle und der Kleinhirnseitenlappen.

Wir haben früher gesehen, dass Drehung nach rückwärts um eine horizontale Axe zusammenfällt mit Drucksteigerung in den

Ampullen der oberen verticalen Bogengänge und mit verminderter Spannung in den Ampullen der unteren verticalen Bogengänge. Drehung nach vorn um eine horizontale Axe bringt die entgegengesetzten Spannungsveränderungen hervor: Drucksteigerung in den Ampullen der hinteren verticalen, Druckverminderung in den Ampullen der oberen verticalen Bogengänge. Bei seitlicher Drehung um eine verticale Axe nimmt die Spannung in der Ampulle des horizontalen Bogenganges jener Seite zu, von welcher die Drehung ausgeht, also in der linken Ampulle, wenn die Drehung nach rechts erfolgt, wobei in der correspondirenden Ampulle der anderen Seite der Druck natürlich abnimmt.

Wir können nun annehmen, dass unter normalen Verhältnissen diese Druckschwankungen in den symmetrischen Ampullen einander das Gleichgewicht halten, so dass die Abnahme des Druckes, welche bei einer lateralen Verschiebung des Gleichgewichtes gegen rechts hin eintritt, gleichzeitig als ein Reiz für die antagonistischen oder compensatorischen Centren der linken Seite wirkt. In derselben Weise wird die verminderte Spannung in der hinteren verticalen Ampulle bei einer Störung des Gleichgewichtes nach rückwärts als ein Reiz für den hinteren Theil des Kleinhirnwurmes anzusehen sein und umgekehrt.

Falls dagegen ein Glied dieses Gesamtmeehanismus in excessiver Weise thätig ist, sei es durch abnorme Reizung einer Ampulle oder der entsprechenden Kleinhirncentren, oder in Folge des Umstandes, dass der antagonistische Apparat durch Verletzung der centripetalen Nerven oder des Kleinhirnes ausser Thätigkeit gesetzt wurde, so wird das Gleichgewicht nach der Seite der überwiegenden, nicht compensirten Kraft gestört werden. Auf diese Weise haben wir uns, wie ich an anderer Stelle zu beweisen versuchte, die eigenthümlichen Erscheinungen der Menière'schen Krankheit zu erklären. Bei dieser besteht ein abnormer Reizzustand der Ampullen und in Folge dieses Umstandes eine Störung des Gleichgewichtes nach der entsprechenden Seite hin, also nach rechts, wenn die linke, nach rückwärts, wenn die obere, und nach vorwärts, wenn die hintere Ampulle gereizt ist. Dabei geht von den antagonistischen Centren, überdies unterstützt durch den Willenseinfluss, ein gewisses Compensationsbestreben aus, so dass beträchtliche Anstrengungen gemacht werden, diesen Gleichgewichtsstörungen entgegenzuwirken.

Bis zu einem gewissen Grade können wir dieselben Wirkungen auch beobachten, wenn der Reiz beim Menschen oder bei Thieren auf das Kleinhirn direct wirkt, denn wenn z. B. in Folge der Reizung der rechten Kleinhirnseite Kopf und Augen nach der Seite der Anode hin bewegt werden, so besteht daneben immer noch ein gewisser Grad antagonistischer, compensatorischer Thätigkeit von Seiten der anderen Kleinhirnhemisphäre, wie sich dies durch die zuckenden Ruckbewegungen der Augen und durch die Bemühungen, die Augen nach der Seite der Kathode hin zu wenden, bemerkbar macht. Zum Theil können diese Erscheinungen auch Willensbewegungen sein, nachdem ja in diesen Versuchen der Einfluss des Grosshirnes nicht ausgeschlossen ist, und daher Bewusstseinsvorgänge neben der Thätigkeit des Kleinhirnes stattfinden können. Daher kommt es, dass Reizung einer Seite des Kleinhirnes das Gefühl einer Drehung nach der anderen Seite hin veranlasst, weil ja die Thätigkeit, welche dabei angeregt wird, in Wirklichkeit einer solchen Lageveränderung entgegenwirken soll, Drehungsgefühl und Compensation aber in unserem Bewusstsein untrennbar verbunden sind, in unveränderlichem Causalzusammenhange stehen. Das Gefühl, als ginge die Basis auf der dem Reize entgegengesetzten Körperseite verloren, ist den Scheinbewegungen der äusseren Objecte in derselben Richtung analog.

Können die verschiedenen Factoren, welche bei der Erhaltung des Gleichgewichtes thätig sind, nicht in die gewohnte wechselseitige Harmonie gebracht werden, so sind Schwindel und Verlust des Gleichgewichtes die nothwendige Folge. Nachdem die ampullären Eindrücke einen so wichtigen Factor dieses Mechanismus darstellen, so kommt den anatomischen Beziehungen zwischen dem Gehörnerven und dem Kleinhirne eine wesentliche Bedeutung zu. Es ist auch nicht unwahrscheinlich, dass diese Beziehungen, wie Hughlings-Jackson und auch Wundt angenommen haben, uns ersichtlich machen, in welcher Weise rhythmische Erregungen der Gehörnerven ähnliche rhythmische Bewegungen des Körpers hervorrufen können.

§. 46. Wir müssen nun die Beziehungen, welche zwischen dem Kleinhirne und dem Sehorgane bestehen, in Betracht ziehen. Die Versuche von Flourens und Anderen beweisen zur Genüge, dass nach Zerstörung des Kleinhirnes Blindheit nicht eintritt. Thiere mit verletztem Kleinhirne sehen deutlich, sie unterscheiden eine

drohende Gefahr und versuchen ihr zu entfliehen, wenn auch diese Bemühungen in Folge der Gleichgewichtsstörungen ihren Zweck nicht erfüllen. Wir werden später (§. 65) sehen, dass die Gesichtswahrnehmungen eine Function der Grosshirnhemisphären darstellen.

Andererseits beobachtet man allerdings nicht selten Blindheit bei Erkrankungen des Kleinhirnes, doch ist es schwer, den causalen Zusammenhang zwischen beiden festzustellen. Besonders bei Kleinhirntumoren tritt häufig Blindheit ein; allein dasselbe geschieht auch bei Tumoren der verschiedensten Gehirnthteile. Alle Neubildungen, welche sich innerhalb der Schädelhöhle entwickeln, trachten ja den intracraniellen Druck zu erhöhen und den Rückfluss des Blutes aus den Venen des Auges zu hindern; dadurch kommt es zu Ernährungsstörungen in der Retina, zu Atrophie des *N. opticus* und somit zu Blindheit. Es sind also rein mechanische Verhältnisse und demnach nicht directe Beziehungen des Kleinhirnes zu der Erkrankung des Sehapparates, welche die Sehstörung verursachen.

Wenn demgemäss das Kleinhirn bei dem Sehacte nicht direct betheiligt erscheint, so bestehen doch gewisse nicht zu übersehende Beziehungen zwischen diesem Organe einerseits und dem *nervus opticus* und den Bewegungsnerven des Bulbus andererseits, wie dies durch den sehr bedeutenden Einfluss der Gesichtsempfindungen auf die Erhaltung des Körpergleichgewichtes, sowie durch das in den früheren Versuchen nachgewiesene Wechselverhältniss zwischen den Augenbewegungen und den allgemeinen motorischen Leistungen für die Equilibration, klar dargelegt wird. Auf anatomischem Wege konnte allerdings eine directe Verbindung zwischen dem Kleinhirne und den Nerven des Auges nicht erkannt werden, doch mag entweder vermitteltst der oberen Kleinhirnschenkel oder durch das obere Marksegel, welches gleichsam eine Fortsetzung des Kleinhirnes nach den Vierhügeln hin bildet, eine solche Verbindung hergestellt sein.

Das obere Marksegel erscheint bei Fischen und Reptilien in viel beträchtlicherer Ausbildung, so dass bei diesen Kleinhirn und *lobi optici* eine bedeutend engere Zusammengehörigkeit darbieten. Darauf ist es vielleicht auch zurückzuführen, dass bei Fröschen die Entfernung des Kleinhirnes nur verhältnissmässig geringe Gleichgewichtsstörungen hervorruft.

Wir können demnach auch auf anatomischem Wege nicht entscheiden, ob Augen und Kleinhirn in directer oder gekreuzter Beziehung zu einander stehen, doch erlaubt uns die Thatsache, dass sich bei Kleinhirnreizung vorzüglich die gleichseitige Pupille contrahirt, anzunehmen, dass eine ungekreuzte Verbindung zwischen diesen beiden Organen und folglich zwischen Gross- und Kleinhirn eine gekreuzte Beziehung bestehe.

Wir haben zwar gesehen, dass auch Verletzungen der *lobi optici* Gleichgewichtsstörungen erzeugen; daraus folgt aber nicht, dass wir diese Organe als Gleichgewichtscentren ansehen müssen. Störungen des Gleichgewichtsmechanismus erfolgen nach Läsionen irgend eines bei demselben betheiligten Factors; da aber durch eine Verletzung der *lobi optici* nothwendiger Weise die Verbindung zwischen dem Auge und dem Kleinhirne abgeschnitten wird, so werden dadurch auch gewisse für die motorische Coordination nothwendige Bahnen unterbrochen. Die Thätigkeit des Kleinhirnes hinsichtlich der Gleichgewichtserhaltung ist demnach abhängig von den *lobis opticis* und ausserdem, wie wir sehen werden, von der Brücke.

Ich werde alsbald zeigen, dass die Brücke jenes Organ darstellt, durch welches das Kleinhirn die für die Gleichgewichtserhaltung nothwendigen motorischen Acte anregt. Wenn wir demnach das Kleinhirn auch als das eigentliche Centrum ansehen, in welchem gewisse sensorische Eindrücke auf die Ausführung der eben genannten motorischen Leistungen einwirken können, so müssen wir doch Kleinhirn, *lobi optici* und Brücke als einen so innig verbundenen Apparat zusammenfassen, dass seine einzelnen Theile ohne allgemeine Functionsstörung nicht von einander getrennt werden können. Obschon also die coordinirte Ortsbewegung durch Zerstörung des Kleinhirnes nicht direct geschädigt wird, so wird sie doch in Folge des Verlustes der Equilibration praktisch unausführbar; andererseits wieder muss, wenn bei Läsionen der *lobi optici* oder der Brücke die Coordination der Locomotionsbewegungen verloren geht, gleichzeitig die Erhaltung des Gleichgewichtes unmöglich werden. Das Centrum selbst kann also intact bleiben und doch lediglich durch theilweise oder gänzliche Zerstörung seiner zu- oder abführenden Bahnen, in seiner Leistung gehemmt sein.

Die mittleren Kleinhirnschenkel, die Brückenarme, stellen die

mächtige Verbindung zwischen dem Kleinhirn und den motorischen Leitungsbahnen dar. Die Bündel der Brückenarme überschreiten in der Brücke die Mittellinie und treten mit motorischen Bahnen der anderen Seite in Verbindung; da aber diese letzteren sich weiter unten in der *decussatio pyramidum* ebenfalls kreuzen, so ist es einleuchtend, dass jede Hälfte des Kleinhirnes in Beziehung zu den Muskeln derselben Körperseite steht. Das physiologische Experiment, welches zeigte, dass in Folge elektrischer Kleinhirnreizung bei verschiedenen Thieren Bewegungen an derselben Körperhälfte auftreten, steht also mit dieser anatomischen Thatsache in vollstem Einklange.

Die Bedeutung einiger anderen Erscheinungen, welche ich bei Kleinhirnreizung zu beobachten Gelegenheit hatte, wie z. B. die Erweiterung der Nasenlöcher, kann ich nicht genügend erklären. Es ist ferner fraglich, ob ausser den durch den Gehör- und den Sehnerv zugeführten Erregungen auch die übrigen sensorischen Eindrücke im Kleinhirne die für die Coordination nothwendigen Muskelleistungen beeinflussen; es stehen mir darüber keine Versuche zu Gebote.

Was aber die visceralen Empfindungen anlangt, so habe ich bereits früher (§. 26) einige Thatsachen angeführt, welche es sehr wahrscheinlich machen, dass abnorme Zustände in den Eingeweiden und die Function der Gleichgewichtserhaltung in inniger Wechselbeziehung zu einander stehen.

§. 47. Wenn ich auch keineswegs alle über das Kleinhirn ausgesprochenen Theorien hier berühren will, so würde doch jede Abhandlung über die Kleinhirnfunctionen für unvollständig gelten, in welcher die von Gall vertheidigte Hypothese, dass das Kleinhirn der Sitz des Fortpflanzungstriebes, des Geschlechtstriebes sei, nicht Erwähnung gefunden hätte. Verschiedene Thatsachen der klinischen Beobachtung, der vergleichenden Anatomie und der Experimental-Physiologie wurden zur Unterstützung dieser Hypothese angeführt. Allein gerade das Experiment steht mit ihr im Widerspruch. Die Entfernung der Grosshirnhemisphären vernichtet alle Instincte der Selbsterhaltung und macht das Thier zu einer blossen Maschine. Wunderbar müsste es sein, wenn nur der Trieb der Arterhaltung allein bei dem allgemeinen Zugrundegehen der gesammten psychischen Thätigkeit erhalten bliebe. Die darauf bezüglichen Thatsachen wurden ohnehin schon besprochen.

Trotz meiner sorgfältigsten Aufmerksamkeit konnte ich weder bei Affen, noch bei anderen Thieren, Männchen oder Weibchen, während der Reizung der mittleren oder der seitlichen Kleinhirnlappen, irgend welche Erscheinungen von Seiten der Sexualorgane bemerken.

Einen maassgebenden Beweis gegen die Localisation des Fortpflanzungstriebes im Kleinhirne hat Flourens durch einen Hahn geliefert, dessen halbes Kleinhirn er zerstört hatte ¹⁾.

„Ich habe das Thier, dem ich ungefähr die Hälfte seines Kleinhirnes entfernt hatte, mehrmals mit Hennen zusammengebracht, und jedesmal versuchte es, dieselben zu begatten. Allein merkwürdigerweise, so oft es auch diesen Versuch anstellte, er gelang nie; das Thier war in Folge des gestörten Gleichgewichtes nicht im Stande, auf den Rücken der Henne zu gelangen und sich oben zu erhalten. Ausserdem waren gerade bei diesem Hahne, der die Hälfte seines Kleinhirnes verloren hatte, die Testikeln auffallend gross; eine Thatsache, welche für die Frage nach der Localisation des Geschlechtstriebes im Kleinhirne ebenfalls von Bedeutung ist“.

Wenn auch Lussana und Lemoigne ²⁾ die sehr genaue Beobachtung eines Versuches anführen, bei welchem nach ausgedehnter Zerstörung des Kleinhirnes der Geschlechtstrieb vollkommen erloschen schien — sie haben beispielsweise eine Taube nach beträchtlicher Kleinhirnverletzung drei Jahre lang am Leben erhalten und in einer sinnreich combinirten Versuchsreihe keinerlei Zeichen von Geschlechtstrieb beobachten können — so haben sie es gleichwohl verabsäumt, sich durch die Nekroskopie zu überzeugen, dass wirklich nur das Kleinhirn von der Verletzung betroffen wurde. Die Ansicht, nach welcher das Kleinhirn das Centralorgan der sexuellen Empfindungen und Leistungen darstellen soll, wird vielmehr von den meisten Physiologen, von welchen wir bloss Leuret ³⁾, Lelut ⁴⁾, John Reid und Owen ⁵⁾ nennen wollen, aufs entschiedenste bekämpft und widerlegt.

¹⁾ Flourens, l. c. p. 163.

²⁾ Lussana und Lemoigne, *Fisiologia dei centri nervosi encefalici*. Padova 1871, II. Bd. p. 190.

³⁾ Leuret et Gratiolet, *Anatomie comp. du syst. nerveux*. Paris.

⁴⁾ Lelut, *Ann. méd. psychol.* 1843.

⁵⁾ Owen, *Comparative anatomy of the vertebrates*, vol. I, p. 287.

Auch die Thatsachen der klinischen Erfahrung, auf welche sich die Anhänger der Theorie Gall's vorzüglich berufen, sind ihr keineswegs günstig. Das Mädchen, welches Combette beschreibt, litt trotz mangelnden Kleinhirnes an Nymphomanie; einen ähnlichen Fall, in welchem das Zusammentreffen von Kleinhirnatrophie und Erotomanie beobachtet wurde, erwähnt Vulpian.

Jene unzweifelhaften pathologischen Fälle, welche zu Gunsten der Hypothese Gall's sprechen könnten, sind solche, in welchen Erkrankungen des mittleren Kleinhirnlappens mit Erregung des Sexualsystems, speciell mit Priapismus, zusammenfallen. Solche Fälle bestimmten Serres¹⁾ und Lussana, die Theorie von Gall in der Weise zu modificiren, dass sie ausschliesslich den Kleinhirnmittellappen als Sitz des Geschlechtstriebes ansahen. Allein diese Erscheinungen gestatten eine ganz andere Auslegung. Die Beispiele von Kleinhirnerkrankung mit Priapismus betreffen hauptsächlich Fälle von Hämorrhagie in den Mittellappen, wobei also eine Reizung der darunter liegenden hinteren Fläche der *medulla oblongata* kaum auszuschliessen ist. Während aber ein Reiz, der direct am Mittellappen des Kleinhirnes angreift, keine vasculäre Anschwellung der Geschlechtsorgane hervorruft, wird dieser Effect, wie dies Segalas gezeigt hat, durch Reizung der hinteren Fläche des verlängerten Markes und zwar gerade in der, bei Apoplexien des Kleinhirnmittellappens am leichtesten in Mitleidenschaft gezogenen, Gegend erreicht.

Auch Eckhard²⁾ hat nachgewiesen, dass eine solche Gefäss-turgescenz, welche die Ursache der Erection darstellt, durch Reizung der Brücke bis zu den Grosshirnschenkeln hinauf erzeugt werden kann. Diese Thatsachen erklären zur Genüge, warum das Auftreten des Priapismus gerade mit Erkrankungen des Mittellappens und nicht der Seitenlappen des Kleinhirnes zusammenfällt.

Die Ansicht der Phrenologen über die Beziehungen des Kleinhirnes zu den Geschlechtsfunctionen geht, wie dies Wundt³⁾ ausdrückt, hervor aus der kritiklosen Weise, in welcher mangelhaft untersuchte Krankheitsfälle und der Selbsttäuschung dringend

¹⁾ Serres, Anatomie comp. du cerveau, vol. II.

²⁾ Eckhard, Beiträge, VII. Bd. S. 67.

³⁾ Wundt, Grundzüge der physiol. Psychologie, Leipzig 1874, S. 215.

verdächtige Beobachtungen zu einem Beweismateriale angehäuft werden.

Ich stimme demnach vollständig mit Longet¹⁾ überein, wenn er sagt: „Weder die Pathologie, noch die pathologische Anatomie, weder die vergleichende Anatomie, noch die Experimentalphysiologie können uns bestimmen, die Meinung Gall's über die Functionen des Kleinhirnes zu acceptiren“.

¹⁾ Longet, *Traité de physiologie*, vol. II, p. 272.

Siebentes Capitel.

Functionen des Grosshirnes.

Einleitung. Methode der Untersuchung.

§. 48. Wir haben in den früheren Capiteln gesehen, dass trotz der vollständigen Entfernung des Grosshirnes die Thiere je nach ihrer höheren oder tieferen Stellung in der Thierreihe immer noch fähig bleiben, sehr verschiedene complicirte und zweckdienliche Leistungen auszuführen, welche den Mangel der Intelligenz kaum erkennen lassen. Durch eine eingehendere Untersuchung dieser Leistungen aber waren wir zu dem Schlusse gelangt, dass dieselben nichts weiter als Reflexactionen darstellen, die in Folge gewisser peripherer Reize und ermöglicht durch eine primäre oder erworbene Organisation der Nervencentren, jedoch vollständig unabhängig von irgend einer Mitwirkung und Beeinflussung von Seiten des Bewusstseins, vor sich gehen. Aus That- sachen der menschlichen Physiologie und Pathologie, welche für die Beantwortung der vorliegenden Frage allein entscheidend sein können, schlossen wir, dass das Bewusstsein unzertrennlich ist von der Thätigkeit des Grosshirnes und dass demnach die Leistungen der niederen Ganglien, so sehr manche von ihnen auch bewussten Thätigkeiten gleichen mögen, doch nimmer in den Kreis wahrer psychischer Vorgänge zu ziehen sind.

Die Zerstörung der Grosshirnhemisphären macht das Thier durch Vernichtung von Wahrnehmung, Vorstellung, Wille und Intelligenz zu einer complicirten Maschine, deren Thätigkeit der unmittelbare Ausdruck gewisser innerer oder äusserer (ento- oder epipherischer) Reize ist. Da wir aber bisher die Leistungen des Grosshirnes nur negativ angedeutet haben, so bleibt uns noch

der ganze Mechanismus der Grosshirnthätigkeit zu untersuchen. Durch das Grosshirn fühlen, denken und wollen wir, es fragt sich demnach, ob diese psychologischen Vorgänge einer physiologischen oder pathologischen Untersuchung zugänglich gemacht werden können; ob ferner das Grosshirn als ein Ganzes und an jeder Stelle auf mysteriöse, durch das Experiment nicht erklärliche Weise gleichmässig die Fähigkeit zu geistigen Leistungen jeder Art besitzt, oder ob gewissen Theilen der Hemisphären bestimmte Functionen zukommen.

Bis zu einem verhältnissmässig neueren Zeitpunkte waren die Ergebnisse der physiologischen Experimentaluntersuchung und der menschlichen Pathologie, wenn wir absehen wollen von den wunderlichen und fantastischen Localisationen der Seelenkräfte und Geistesvermögen seitens der Phrenologen, der Ansicht von der Localisation bestimmter Functionen an bestimmten Regionen des Grosshirnes nicht günstig.

Die Experimente, welche Flourens, der grosse Pionnier der Gehirnphysiologie anstellte, führten ihn zu folgenden Schlüssen:

„1) Man kann, sei es von vorne oder von hinten her, von oben oder von der Seite, einen recht beträchtlichen Antheil der Grosshirnhemisphären wegschneiden, ohne dass dadurch ihre Leistungen aufgehoben werden; es genügt demnach ein geringer Theil der Hemisphären zur Erhaltung ihrer Functionen.

2) In demselben Maasse, in welchem man die Hemisphären abträgt, schwächen sich nach und nach ihre Functionen ab; wenn eine gewisse Grenze überschritten wird, erlöschen diese vollständig. Die Grosshirnhemisphären nehmen daher in ihrer ganzen Ausdehnung Theil an jeder ihrer Leistungen.

3) Wenn schliesslich eine Wahrnehmung verloren ist, so sind es alle; sobald eine Fähigkeit erloschen ist, sind sie alle verschwunden. Es haben daher weder die verschiedenen Fähigkeiten, noch die verschiedenen Wahrnehmungen ihren besonderen Sitz. Die Fähigkeit Einerlei wahrzunehmen, zu beurtheilen oder zu wollen, ist an dieselbe Stelle gebunden, wie die, etwas Anderes wahrzunehmen, zu beurtheilen oder zu wollen. Folglich hat diese Fähigkeit, wesentlich eine einzige untheilbare, ihren Sitz auch nur in einem einzigen untheilbaren Organe.“ (p. 99).

So klar und entschieden Flourens diese seine Ansicht ausgedrückt hat, so schien sie ferner durch die Erfahrungen, welche

aus Fällen von Erkrankung und Verletzung des Gehirnes bei Menschen geschöpft war, noch im hohen Grade unterstützt zu werden. Es werden ja Fälle erzählt, in welchen ausgedehnte Erkrankungen der Gehirnssubstanz mit nur geringen oder gar nicht merkbaren Erscheinungen verliefen; so theilt Trousseau den Fall eines Officiers mit, dem eine Flintenkugel durch den Kopf quer durch den vorderen Theil des Gehirnes gegangen war und der eine kaum merkbare Schädigung seiner körperlichen und geistigen Fähigkeiten erlitt. Ein anderer Fall wird von Dr. Bigelow ¹⁾ und Harlow ²⁾ genauer beschrieben (er wird als *American crow-bar case* häufig citirt). Bei Gelegenheit einer Felsensprengung wurde ein junger Mann von einer 3' 7" langen Eisenstange von 1 $\frac{1}{4}$ Zoll Durchmesser getroffen, welche an der linken Kieferseite eindrang, vollständig durch den Schädel passirte und an der linken Seite desselben oben in der Stirngegend wieder herauskam, wobei sie die vordere Hälfte der linken Hemisphäre durchbohren musste. Dieser Mann genas bald wieder und lebte darnach noch 12 $\frac{1}{2}$ Jahre, ohne irgend Erscheinungen zu zeigen, die einer so beträchtlichen Gehirnverletzung entsprochen hätten.

Ich verdanke der Gefälligkeit meines Freundes Dr. Bowditch in Harvard die genaue Beschreibung und Zeichnungen dieses Falles. Nach der Genesung war in Folge der directen Verletzung des linken Auges Blindheit an dieser Seite vorhanden; die übrigen Symptome betrafen ausschliesslich das psychische Verhalten. Er erschien nun wechselnd in seiner Stimmung, rücksichtslos und eigensinnig, häufig widerspenstig und in vielen Beziehungen einem ungezogenen Kinde ähnlich — was Alles seinem früheren Charakter widersprach. Die Section wurde allerdings nicht gleich nach seinem Tode vorgenommen, allein auf Veranlassung Dr. Harlow's liess man den Schädel exhumiren, an welchem man den oben angedeuteten Weg der Eisenstange genau feststellen konnte. Es liessen sich zahlreiche derartige Fälle anführen, in denen sich sehr ansehnliche Mengen von Gehirnssubstanz in Folge von Schädelfracturen hervordrängten und vom Chirurgen entfernt wurden, ohne irgend welche üble Folgen oder merkbare geistige Beeinträchtigung.

¹⁾ American journal of the medical sciences. Juli 1850.

²⁾ Recovery from the passage of an iron bar through the head. Boston 1869.

Allein das bemerkenswerthe und häufige Zusammentreffen von Aphasie oder Verlust der Fähigkeit zu sprechen, mit Erweichung gewisser Theile des linken Frontallappens — wie dies von Bouillaud und Dax unbestimmt angegeben, von Broca aber ganz genau für den hinteren Theil der untersten Stirnwindung festgestellt und nachher durch eine sehr beträchtliche Zahl von Fällen bestätigt wurde — diente zunächst dazu, die Theorie einer functionellen Gleichwerthigkeit aller Theile des Grosshirnes zum mindesten zweifelhaft erscheinen zu lassen; doch blieb es immer noch nicht aufgeklärt, ein Gegenstand des Streites, was unter Aphasie im physiologischen Sinne wirklich zu verstehen sei, sowie warum bei der äusseren Symmetrie der Hemisphären eine Leistung bloss an der einen Seite mit Ausschluss der anderen localisirt sein sollte.

§. 49. Die sorgfältigen klinischen und pathologischen Beobachtungen von Hughlings-Jackson über einseitig localisirte epileptiforme Krämpfe und seine diesbezüglichen scharfsinnigen Deductionen verbreiten neues Licht über die physiologische Bedeutung gewisser Theile des Grosshirnes. Er legte dar, dass gewisse convulsivische Bewegungen der einen Körperseite durch krankhafte Zustände, welche einen localisirten Reiz an der entgegengesetzten Hemisphäre hervorrufen, bedingt seien. Durch solche Thatsachen kam er zu dem Schlusse, dass jene Windungen, welche sich in der Nähe des Streifenhügels befinden, in directer Beziehung zu den Bewegungen stehen. Die convulsivischen Erscheinungen sind demnach das Resultat eines reizenden oder auslösenden (*discharging*) krankhaften Zustandes der Hirnrinde in dieser Gegend.

Diese Ansicht von Hughlings-Jackson ¹⁾ wurde von Vielen als eine zwar geistreiche, aber doch fantastische Speculation angesehen, da ihr die experimentelle Bestätigung fehlte, und Alle, welche am Gehirne Versuche angestellt hatten, durch Reizung der Grosshirnhemisphären derartige Erscheinungen nicht hervorzubringen im Stande waren. Man fand, dass das Grosshirn, sowie manche andere Theile des Nervensystems, auf keinerlei äussere Reize, seien sie mechanisch, chemisch, thermisch oder elektrisch, reagiren. Bezüglich der drei ersten Reizmittel sind noch immer

¹⁾ Die in einzelnen Zeitschriften zerstreuten Aufsätze sind jetzt gesammelt in: Clinical and physiological researches on the nervous system.

sehr viele Physiologen derselben Ansicht, dass weder Schneiden, Quetschen, Brennen noch eine beliebige mechanische Verletzung der Gehirnoberfläche irgend eine Reaction hervorrufe. Thiere, welche sich im vollen Besitze ihres Bewusstseins befinden, sind anscheinend vollständig unempfindlich gegen diese für die Nerven so kräftigen Reize, und auch menschliche Individuen, deren Gehirn verletzt oder geschnitten wird, bekunden in dieser Beziehung eine völlige Schmerzlosigkeit.

Hitzig¹⁾ sah allerdings in ganz seltenen Fällen bei Auslöfflungen der Grosshirnrinde eine einmalige intensive Zuckung einer Extremität eintreten. Ebenso gelang es ausnahmsweise, wiederholte tonische und klonische Zuckungen in der Vorderextremität hervorzubringen, wenn man auf der frisch verletzten Hirnrinde ein Stück Feuerschwamm eintrocknen liess. Ähnliche Reizeffecte gewahrt man mitunter, wenn man Essigsäure und *liquor ferri sesquichlorati* vorsichtig vermittelst kleiner Schwammstückchen auf die *Pia mater* applicirt.

In neuester Zeit hat Eulenburg ähnliche Erfolge bei der Anwendung von Kochsalz in Substanz gesehen. Ich glaube aber, dass unter normalen Verhältnissen mechanische Reizung der Hirnrinde ohne Effect bleibt und dass nur dann, wenn die graue Rindensubstanz in Folge von Entzündung reizbarer geworden ist, auf mechanischem oder chemischem Wege die Reizerscheinungen auftreten. Nothnagel²⁾ giebt an, dass bei Injection eines Tropfens Chromsäure in eine umschriebene Stelle an der oberen Fläche des hinteren Theiles des Kaninchengrosshirnes, oder bei einfachem Anstechen dieser Stelle mit einer feinen Nadel, sehr bemerkenswerthe Erscheinungen auftreten. Das Thier springt plötzlich auf, dann werden die Glieder starr, rigide, bald aber, nach Verlauf von wenigen Minuten, läuft es wieder herum, als ob nichts geschehen wäre. Nothnagel führt diese Erscheinung auf eine Reizung der Grosshirnsubstanz zurück, doch ist es immerhin ein merkwürdiger Umstand, dass eine solche mechanische Reizung bloss an einer Stelle des Gehirnes wirksam sein sollte. Wenn wir aber finden, dass elektrische Reizung der angegebenen Stelle erfolglos ist, und

¹⁾ Hitzig, Ueber den heutigen Stand der Frage von der Localisation im Grosshirne. Leipzig 1877.

²⁾ Nothnagel, Experimentelle Untersuchungen über die Functionen des Gehirnes. Virch. Arch. 58. B.

wenn wir deren Lage genauer betrachten, so verlieren die Angaben von Nothnagel sehr an Bedeutung. Diese von ihm angegebene Stelle liegt nämlich gerade über den vorderen Vierhügeln und die Hemisphären stellen hier eine verhältnissmässig dünne Platte dar; die Erscheinungen aber, welche Nothnagel beschreibt, sind gerade dieselben, wie ich sie in sorgfältigen Experimenten bei Punctur dieser Ganglien gefunden habe. Ich habe mich auch davon überzeugt, dass wenn die Hemisphäre allein mit gänzlicher Vermeidung der Vierhügel angestochen wurde, nicht die geringste Reaction erfolgte. Eine Verletzung der Vierhügel durch eine feine Nadel kann der anatomischen Untersuchung entgehen, aber immerhin vollständig ausreichen, um die oben erwähnten Erscheinungen hervorzurufen. Es scheint mir daher, dass Nothnagel in einen Irrthum verfallen ist, und dass überhaupt die Grosshirnhemisphären nur ausnahmsweise mechanisch erregbar sind.

Im Gegensatze zu der allgemein angenommenen Lehre, wie sie von Longet, Magendie, Schiff und Anderen vertheidigt wurde, dass nämlich das Gehirn gegen elektrische Reizung unempfindlich sei, haben Fritsch und Hitzig¹⁾ durch eine Reihe werthvoller Versuche an Hunden nachgewiesen, dass die directe Application des galvanischen Stromes an gewisse Gegenden der Hemisphärenoberfläche durch Muskelbewegungen beantwortet wird, und, was von noch grösserer Bedeutung ist, dass bestimmte Muskelcontractionen in Beziehung zur Reizung verschiedener umschriebener Stellen der Hirnrinde stehen. Sie haben so Centren für die Bewegungen der Adductoren, Flexoren und Extensoren der Glieder der anderen Körperhälfte, sowie auch Centren für gewisse Bewegungen des Gesichtes, Kopfes und Halses angegeben (vgl. §. 54). Wenn auch wesentliche Differenzen zwischen Hitzig und mir bezüglich der Ausdehnung dieser Localisation und mit Rücksicht auf den wahren Charakter und die Bedeutung der erwähnten Erscheinungen bestehen, das Verdienst, die Thatsache einer bestimmten Localisation zuerst experimentell nachgewiesen zu haben, gebührt doch jedenfalls Hitzig und seinem Collegen Fritsch, und ich muss es sehr bedauern, dass mir in den unangenehmen Discussionen hinsichtlich dieser Angelegenheit eine andere Auffassungsweise zugemuthet worden ist (vgl. London medical record Nr. 78, 1874).

¹⁾ Fritsch u. Hitzig, Ueber elektrische Erregbarkeit des Grosshirnes. Arch. v. Reichert u. Du Bois Reymond, 1870.

§. 50. Die Methode, welche von Fritsch und Hitzig bei ihren Untersuchungen hauptsächlich in Anwendung gebracht wurde, besteht in der directen Application eines stumpfen Elektrodenpaares auf die Gehirnoberfläche und in der Reizung vermittelt Schliessung, Oeffnung oder Richtungswechsel eines galvanischen Stromes, dessen Intensität gerade hinreichend war, um eine deutliche Empfindung an der Zungenspitze hervorzurufen. Die Methode, welche ich anwandte, bestand in einer ähnlichen Application von Elektroden, welche aber mit der secundären Spirale eines Schlittenapparates von Dubois verbunden waren, wobei die Kraft eines Daniell's zur Verwendung kam. Der Widerstand in der primären Rolle war ein solcher, dass nach der Schätzung meines Collegen Professor Adams ein Strom von höchstens 1,9 Einheiten erhalten wurde. Der inducirte Strom der secundären Rolle bei 8 cm Rollenabstand war gerade so stark, um eine stechende, aber noch leicht erträgliche Empfindung an der Zungenspitze zu erzeugen. Das Messen mittelst der Zungenspitze bietet ein sehr passendes, praktisches Maass für die Intensität des Stromes und gibt das beste Mittel ab, um den Grad der Reizung nach Belieben zu reguliren. Werden die Versuche längere Zeit fortgesetzt, so kann in Folge der abnehmenden Kraft der Batterie eine grössere Annäherung der secundären Rolle nothwendig sein, um dieselbe Empfindung auf der Zunge wie früher hervorzurufen. Ich habe bei der ersten Beschreibung meiner Versuche allerdings bloss den Rollenabstand angegeben, ohne auf diesen Umstand speciell einzugehen, woraus Hitzig und Andere geschlossen haben, dass ich zur Erzielung meiner Resultate Ströme von ungeheurer Kraft angewendet hätte, Ströme, welche genügend wären, um Structurveränderungen und unbegrenzte Stromschleifen zu erzeugen. Durch wiederholte Versuche habe ich gefunden, dass die meisten von mir beschriebenen Erscheinungen leicht zu erzielen waren, wenn ich ein constant wirkendes Element und einen Rollenabstand von 8 cm anwendete. Eine vollständige Gleichmässigkeit kann allerdings nicht vorhanden sein, da ja Bedingungen mit in Betracht kommen, welche die Erregbarkeit der Hemisphären alteriren.

Ein Strom, welcher bei einem nicht narcotisirten Thiere ausgebreitete und heftige Muskelactionen hervorrufft, wird bei einem Thiere, welches genügend narcotisirt ist, damit alle Schmerzempfindungen aufgehoben sind, nur mässige und wohlbegrenzte

Muskelleistungen erzeugen, während bei sehr tief anästhesirten Thieren jede Wirkung ausbleibt. Hitzig hat auch darauf aufmerksam gemacht, dass andere Umstände, z. B. die Circulationsverhältnisse im Gehirne, dessen Erregbarkeit wesentlich modificiren können, dass dieselbe nämlich nach starken Blutverlusten in hohem Grade verringert wird. Ebenso zeigen sich auch bei verschiedenen Thieren beträchtliche Differenzen mit Rücksicht auf die Erregbarkeit des Grosshirnes. Es ist ferner selten, dass die gesammte Gehirnoberfläche an irgend einem Thiere mit Erfolg untersucht werden kann, indem die Erregbarkeit des Grosshirnes während der Operationen, welche dazu dienen, die tiefer liegenden, mehr verborgenen Theile dieses Organes frei zu legen, sich rasch erschöpft. Es wird demnach der Erfolg des Versuches wesentlich von der Geschicklichkeit, mit welcher man die Operation ausführt, abhängen.

In Folge dieser verschiedenen Bedingungen ist es unmöglich, ein feststehendes Maass für die Minimalstärke des Stromes anzugeben, welche nothwendig ist, um irgend einen Theil des Gehirnes an irgend einem Thiere zu erregen. Auch verschiedene Regionen des Gehirnes differiren hinsichtlich des Grades ihrer Erregbarkeit. Ein Strom, der hinreichend ist, deutliche Contractionen des *Orbicularis oculi* zu erzeugen, wird häufig keine Bewegung der Glieder hervorrufen. Indem Fritsch und Hitzig willkürlich eine Norm für die ihnen genügend scheinende Stromstärke annahmen, mussten ihnen viele bedeutende Thatsachen an Gegenden des Gehirnes, welche sie für unerregbar hielten, entgehen. Es ist kein Grund vorhanden anzunehmen, dass ein Theil des Gehirnes erregbar sei, der andere aber nicht. Die Frage ist nur, in welcher Weise sich die Reizung manifestirt.

Wenn es also sicherlich rathsam ist, keine stärkeren, als zur Erzielung eines Resultates gerade hinreichende, Ströme in Verwendung zu bringen, so müssen wir als Maass für die Intensität des Reizes, welcher in jedem einzelnen Falle in Anwendung zu kommen hat, jene Reizstärke ansehen, bei welcher eine deutliche und umschriebene Localisation der gleichmässig erreichbaren Effecte zu Stande kommt. Wir müssen uns aber auch durch thunlichste Isolirung der Elektroden und durch sorgfältige Entfernung der Flüssigkeit, welche sich am Gehirne ansammelt, vor einer Weiterleitung des Stromes zu den benachbarten Organen

hüten. Die mittlere Stromstärke fand ich also, wie erwähnt, bei einem Rollenabstande von 8 cm; doch war es häufig nothwendig, denselben zu vermindern oder zu vermehren.

Es könnte scheinen, als ob sich das wichtigste Resultat der Reizung, nämlich in einer bestimmten und umschriebenen Weise die functionelle Thätigkeit derjenigen Gehirntheile, an welche die Elektroden angesetzt werden, anzuregen, gleich bliebe, ob wir uns nun des galvanischen oder des faradischen Stromes bedienen, nachdem ja beide für den letztgenannten Zweck verwendbar sind. Allein dies ist nicht der Fall.

Nicht bloss eine bestimmte Intensität, sondern auch eine gewisse Dauer des Reizes ist nothwendig, um die charakteristischen Erscheinungen hervorzurufen. Der Oeffnungs- oder Schliessungsschlag des galvanischen Stromes erregt, an der reizbaren Stelle des Gehirnes angewendet, bloss eine plötzliche Contraction in gewissen Muskelgruppen. Allein er kann nicht jene bestimmte, beabsichtigte Combination von Muskelcontractionen hervorrufen, welche das wahre Wesen dieser Reaction und den Schlüssel zu ihrer Erklärung darstellt. Daher konnten auch Fritsch und Hitzig in der Beschreibung ihrer mit dem galvanischen Strome gefundenen Resultate, meiner Meinung nach, den eigentlichen Charakter dieser Bewegungen nicht bestimmen. Lässt man den galvanischen Strom länger als zur Erzeugung eines Schliessungs- oder Oeffnungsschlages nothwendig ist, einwirken, so kommt es zu einer elektrolytischen Zersetzung der Gehirnsubstanz an allen Puncten, welche mit den Elektroden in Contact stehen, ein Nachtheil, welchem der faradische Strom gar nicht unterworfen ist. Ich besitze die Gehirne von Affen und anderen Thieren, an welchen ich mehrere Stunden hindurch mittelst des inducirten Stromes experimentirt habe, und welche, mit Ausnahme eines gewissen Grades von Hyperämie als Folge der Freilegung und Reizung, vollkommen frei von jeder Läsion sind.

Wird der galvanische Strom wiederholt geöffnet und geschlossen, so erhalten wir allerdings einen Erfolg, welcher demjenigen des inducirten Stromes gleicht, allein mit dem grossen Nachtheile der elektrolytischen Zersetzung. Das folgende Experiment mag zeigen, in welcher Weise sich die Resultate der galvanischen und der faradischen Untersuchungsmethode zu einander verhalten.

Nachdem ich am Gehirne eines Affen jene Region freigelegt hatte, in welcher ich früher das Centrum des Biceps localisirt hatte, also eine Stelle, von welcher aus Supination und Flexion des Vorderarmes erzeugt werden kann, so suchte ich die genaue Stärke des für jenen Effect erforderlichen inducirten Stromes zu bestimmen und dessen Wirkung mit der des galvanischen Stromes zu vergleichen. Bei Anwendung des oben (S. 141) erwähnten Elementes und bei einem Rollenabstande von 13 cm konnte ich kein Resultat bemerken; ebenso bei 12 cm; bei 11 cm leichte Auswärtsrollung des Handgelenkes, bei 10 cm merkbare Supination der Hand, bei 9 cm leichte und langsame Supination und Flexion des Vorderarmes, und erst, wenn die Rollen einander bis auf 8 cm genähert waren, kam es zu ausgesprochener Supination und Flexion des Vorderarmes ohne irgend eine Complication mit anderen Bewegungen. Ich versuchte nun den galvanischen Strom von sechs Smee'schen kleinen Elementen. Bei der Schliessung des Stromes kam es ebensowenig wie bei langsamer Unterbrechung desselben zu einem Resultate. Mit acht Elementen und bei langsam wiederholter Unterbrechung bemerkte ich ein plötzliches krampfhaftes Schleudern der Hand und des Vorderarmes ohne deutliche Supination und Flexion. Dasselbe geschah, wenn ich zehn Elemente nahm; doch nur dann, wenn der Strom rasch geschlossen und geöffnet wurde, verwandelte sich das krampfhaftes Schleudern in eine andauernde Supination und Flexion des Vorderarmes. Auf der Zunge erzeugte dieser Reiz eine Empfindung, die sicherlich ebenso stark, wenn nicht noch stechender war, als die des inducirten Stromes. Hingegen zeigte sich an der Contactstelle der Elektroden eine deutliche elektrolytische Zersetzung und beginnende Entwicklung von Gasblasen. Dieser Versuch beweist, dass nicht jeder Grad der Intensität und nicht jede Dauer des Reizes genügend ist, um die wahre Thätigkeit der Hemisphären anzuregen, und dass die galvanische Untersuchungsmethode in jeder Beziehung der faradischen Reizung nachsteht. Wir werden aber auch sehen, dass die Intensität des Stromes bei einem Rollenabstande von 8 cm nicht den für die Erzielung einer bestimmten Reaction nothwendigen Grad überschreitet.

Indem wir uns vorderhand über die Bedeutung dieser motorischen Phänomene, welche durch elektrische Reizung der Gehirnrinde ausgelöst werden können, nicht weiter einlassen wollen,

wollen wir an dieser Stelle einige Einwände in Betracht ziehen, welche gegen die von Hitzig und von mir ausgesprochene Ansicht, dass die Erscheinungen das Resultat einer Reizung der grauen Gehirnmasse seien, erhoben wurden.

§. 51. Es wurde von Dupuy¹⁾ angegeben, dass die Bewegungen, welche bei elektrischer Reizung der Gehirnrinde auftreten, in Wirklichkeit nur auf eine Weiterleitung des Stromes bis an die Gehirnbasis zurückzuführen seien. Er zeigte, dass Stromschleifen sich durch die Gehirnsubstanz bis zu einer beträchtlichen Entfernung nachweisen lassen, und hielt es demnach für unmöglich, die Reizung auf die intrapolare Strecke zu localisiren. Wenn er den *nervus ischiadicus* eines Frosches an dem hinteren Theile des Gehirnes anlegte und die Elektroden in der vorderen Gehirngegend ansetzte, so beobachtete er eine Contraction des Gastrocnemius des Frosches, wodurch also bewiesen war, dass der Strom sich durch die ganze Ausdehnung der Hemisphäre ausgebreitet hatte.

Dieselbe Thatsache des Entstehens extrapolarer Stromschleifen durch die Gehirnsubstanz bis zu einer beträchtlichen Entfernung hin haben später auch Carville und Duret²⁾ genauer nachgewiesen. Indem sie unpolarisirbare Elektroden am Gehirne in einiger Entfernung von den Reizelektroden anbrachten und erstere mit einem Galvanometer in Verbindung setzten, konnten sie im Momente der Reizung eine deutliche Abweichung der Nadel beobachten. Das Vorhandensein solcher Stromschleifen in der Gehirnsubstanz steht demnach fest, wie es ja nach der Analogie mit allen anderen thierischen Geweben a priori zu erwarten ist. Doch erlaubt diese Thatsache der extrapolaren Stromschleifen keineswegs den Schluss, welchen Dupuy daraus ziehen wollte, dass nämlich jene Bewegungen nur in Folge der indirecten Reizung der Basalganglien entstehen. Wir können ja diese letzteren direct reizen; eine Reizung des *Corpus striatum* erzeugt aber allgemeine Contraction der Muskeln an der entgegengesetzten Körperhälfte, und wir sind nicht im Stande, indem wir die Elektroden unmittelbar auf die Oberfläche dieses Ganglions aufsetzen, localisirte Contraktionen eines

¹⁾ Dupuy, Examen de quelques points de la physiologie du cerveau, Paris 1873.

²⁾ Carville und Duret, Sur les fonctions des hemisphères cérébraux, Arch. de phys. 1875.

Muskels oder einer Muskelgruppe zu erzeugen. Reizung des *Thalamus opticus* hingegen bleibt völlig negativ, keinerlei Bewegungen an der anderen Körperseite können dadurch hervorgerufen werden (Seite 176). Die Folgen einer elektrischen Reizung der Vierhügel, nämlich Erweiterung der Pupillen, Ausstrecken des Rumpfes und der Glieder u. s. w. haben wir bereits beschrieben. Diese positiven Resultate lassen sich jedenfalls mit Erfolg zur Widerlegung jener vagen Angaben hinsichtlich einer supponirten Einwirkung des Stromes auf die Basalganglien verwenden.

Das Auftreten von localisirten und einseitigen convulsivischen Bewegungen beim Menschen hängt, wie dies Hughlings-Jackson zeigte, von einer vitalen Reizung gewisser Rindenregionen ab; diese Symptome sind wesentlich von derselben Natur, wie die durch elektrische Reizung der gleichen Gehirnthteile erzeugten Erscheinungen. Es wird aber kaum Jemand annehmen wollen, dass die vitale Reizung bis zu den Basalganglien fortgeleitet werde.

Die Erscheinungen nach elektrischer Rindenreizung sind bestimmter Art, lassen sich schon von vornherein bezeichnen und variiren mit der Stellung der Elektroden. Wie wir bald sehen werden, reagiren Stellen der Hirnrinde, die in nächster Nachbarschaft bei einander liegen, in völlig verschiedener Weise. Es ist daher unverständlich, warum wir, wenn der Effect ausschliesslich in einer Weiterleitung bis zum Streifenhügel begründet wäre, localisirte und nicht allgemeine Muskelcontractionen der anderen Seite erhalten sollten; und noch unbegreiflicher erscheint es, wie nach Weiterleitung des Stromes zu Punkten, welche der Erfahrung nach gleichwerthig sind, so verschiedene Resultate erfolgen können. Es gibt aber auch gewisse Stellen der Gehirnrinde, welche selbst gegen starke Ströme unempfindlich sind. Die vordere frontale und die occipitale Region des Affenhirnes verhalten sich in solcher Weise. Dies stimmt aber nicht mit der Theorie einer Weiterleitung des Reizes überein, indem ja die letztgenannten Gehirnthteile nicht weiter von den Basalganglien entfernt sind, als andere, welche unveränderlich gleichmässig reagiren. Ja sogar eine Reizung der Insel, welche doch unmittelbar über dem *Corpus striatum*, resp. dem Linsenkerne liegt (Fig. 4, c), erregt keine Bewegungen, während die entfernteren parietalen Regionen deutlich und bestimmt gegen denselben Reiz reagiren.

Man hat ferner gesagt, dass die Erregbarkeit der Rinden-centren, wenn diese eine motorische Function hätten, denselben Bedingungen unterworfen sein müsste, wie die der motorischen Nerven; dennoch wäre bei tiefer Anästhesie die Hirnrinde unempfindlich gegen den elektrischen Reiz, während die motorischen Nerven noch thätig seien, so dass also den Hemisphären keine motorische Bedeutung beigelegt werden dürfte. Dieses Argument aber ist wesentlich falsch und lässt sich gerade gegen die Gegner der Localisationstheorie anwenden.

Unter der Einwirkung des Chloroforms wird nämlich die Erregbarkeit des Nervensystems von oben nach unten hin, vom Centrum gegen die Peripherie hin, vermindert und gänzlich aufgehoben; es bleiben demnach die *Corpora striata* noch erregbar, wenn die Hirnrinde bereits nicht mehr reagirt, und die Vierhügel sowie die Hirnschenkel widerstehen wieder der Narkose länger, als die *Corpora striata*.

Wenn also die Reactionen, welche nach Application der Elektroden auf die Hirnrinde erfolgen, nur durch die Weiterleitung des Stromes gegen die Basalganglien und die motorischen Bahnen bedingt wären, so könnten wir es unmöglich begreifen, warum bei dem Umstande, dass die letztgenannten Organe auch in tiefer Narkose noch erregbar bleiben, durch die elektrische Rindenreizung keinerlei Bewegungen hervorgerufen werden sollten. Das physikalische Leitungsvermögen der Gehirngewebe wird durch die Narkose in keiner Weise alterirt, und dennoch bleiben die stärksten Ströme erfolglos. Nichts könnte einen unwiderleglicheren Beweis dafür geben, dass die motorischen Reactionen durch eine functionelle Reizung der grauen Rindensubstanz selbst bedingt sind, als gerade der Umstand, dass vollständige Anästhesie die elektrische Erregbarkeit der Hirnrinde vernichtet.

Carville und Duret haben, obwohl sie sich anfangs der Theorie von Dupuy angeschlossen hatten, und trotz des gelungenen Nachweises extrapolarer Stromschleifen, dennoch später die Möglichkeit einer localisirten Hirnrindenreizung angenommen, vorausgesetzt, dass die Ströme nicht zu stark sind. Damit stimme auch ich vollkommen überein. Allein ich habe auch gezeigt, dass nicht jeder Grad der Reizung genügend ist, um die Grosshirnrinde in Action zu versetzen. Ein Strom, welcher am motorischen Nerven angelegt, die heftigsten tetanischen Krämpfe hervorrufen würde,

hat an der Hirnrinde keine Wirkung. Es kann demnach, wenn auch immerhin Stromschleifen auftreten, nur dann ein Erfolg von der Reizung erwartet werden, wenn der Strom, und zwar an der Ansatzstelle der Elektroden, die nöthige Stärke erreicht hat.

Uebrigens kommt weniger die Diffusion des Stromes nach abwärts gegen die Basalganglien, als vielmehr die Diffusion nach der Seite, nach den benachbarten Geweben und Centren hin in Betracht. Diese häufige Fehlerquelle kann nur durch sorgfältig wiederholte Experimente und mit Hilfe der entgegengesetzten Methode, der localisirten Zerstörung der fraglichen Centren, vermieden werden.

Carville und Duret haben eine merkwürdige Bestätigung dafür angegeben, dass die elektrische Rindenreizung nicht durch Fortleitung des Stromes gegen die Basalganglien hin wirke.

Sie konnten nämlich an einem Hunde, auch bei Anwendung der stärksten Ströme durch Reizung derselben Stellen, welche sie bei anderen Thieren sehr leicht erregbar fanden, keinerlei Bewegungen erzielen. Die Ursache davon fanden sie in dem Vorhandensein einer grossen mit Flüssigkeit gefüllten Höhle, welche die Marksubstanz des Grosshirnes zwischen Rinde und *Corpus striatum* einnahm. Die physikalische Leitung von der Rinde zum Streifenhügel war demnach vollständig erhalten, ebenso bestand die anatomische Verbindung des *Corpus striatum* mit den Hirnschenkeln, doch konnten die Impulse von den Rindencentren in Folge der Zerstörung der Stabkranzbündel nicht mehr nach abwärts weiter geleitet werden.

Es steht in vollem Einklange mit der Thatsache von der Erregbarkeit der Hirnrinde, wenn wir finden, dass dieselben Erscheinungen sich auch durch directe Reizung jener Stabkranzbündel, welche die Rindencentren mit dem *Corpus striatum* verbinden, erzielen lassen. Die Rindencentren sind ja durch die *Corpora striata* und die motorischen Bahnen mit den Muskeln in Verbindung gesetzt, und es wird demnach die Application der Elektroden an bestimmte Stabkranzbündel oder an die zugehörigen Rindentheile functionell gleichwerthig sein. Dies haben sowohl Burdon-Sanderson¹⁾, sowie Carville und Duret nachgewiesen. Wurde die Hirnrinde an erregbaren Stellen entfernt, so konnte man durch

¹⁾ Burdon-Sanderson, Proceed. Roy. Soc. June 1874.

Reizung der freiliegenden Markstrahlungen die gleichen Erscheinungen wie früher hervorrufen, nur musste man die Intensität des Stromes verstärken. Es ist ja eine allgemeine Eigenschaft der Nervencentren und also auch der Hirnrinde, den Reiz zu verstärken.

Putnam¹⁾ aber fand, dass wenn man zuerst die Hirnrinde sorgfältig von der darunter liegenden Markmasse trennte und erstere dann wieder genau an ihren Platz brachte, keine Reizeffekte mehr auftraten. Dagegen kann man allerdings mit Carville und Duret einwenden, dass dieser Mangel einer Reaction auch in dem Widerstande, der durch die Ansammlung von Flüssigkeit zwischen den Schnittflächen geschaffen wird, und in der nicht genügenden Stromstärke begründet sei.

Franck und Pitres²⁾ haben das Intervall, welches zwischen der Reizung der Rinde und der Muskelcontraction verstreicht, gemessen und dasselbe nach Abzug der latenten Muskelreizung, sowie der für die Leitung im Rückenmarke und den peripheren Nerven nothwendigen Zeit, auf 0,045 Secunden bestimmt; wurden aber nach Abtragung der Hirnrinde die Markfasern selbst gereizt, so betrug die Reactionszeit bloss 0,03 Secunden. Diese Verzögerung im ersten Falle beweist, dass die graue Substanz nicht als Leitorgan, sondern als ein wirkliches Centrum in Action tritt.

Einen entscheidenden Beweis dafür, dass es sich in der Markmasse des Gehirnes nicht um eine einfache physikalische Weiterleitung des elektrischen Stromes handelt, sondern dass der den Nervenfasern eigenthümliche physiologische Vorgang (die „Neurilität“) dabei in Action geräth, liefern die nach Abtragung der Hirnrinde in der Erregbarkeit der Markfasern auftretenden Veränderungen. Wir wissen, dass nach Durchschneidung eines peripheren Nerven seine Erregbarkeit in demselben Maasse abnimmt, wie er vom Centrum gegen die Peripherie hin degenerirt. In gleicher Weise fanden auch Albertoni und Michieli³⁾ und nach ihnen Dupuy⁴⁾, sowie Franck und Pitres, dass die alsbald nach Entfernung der Grosshirnrinde durch Reizung der Markfasern zu

¹⁾ Putnam, Lond. Med. Record. 1874.

²⁾ Franck und Pitres, Soc. de Biologie, Dec. 1877.

³⁾ Albertoni und Michieli, Sui centri cerebrali di movimenti. Lo Sperimentale 1876.

⁴⁾ Dupuy, Physiology of the brain, p. 9.

erzielenden Bewegungen nach einiger Zeit nicht mehr eintreten. Nach Franck und Pitres erlischt die Erregbarkeit gänzlich etwa am vierten Tage; dies stimmt mit jener Periode überein, innerhalb welcher in Folge der Degeneration die motorischen Nerven ihre Erregbarkeit einbüßen. Die angeführten Thatsachen widersprechen vollständig der Anschauung von einer bloss physikalischen Leitung des elektrischen Stromes.

Wollte man aus den Versuchen von Sanderson schliessen, dass die Rindencentren nicht motorisch und die Bewegungen nur durch eine Reizung der *Corpora striata* bedingt seien, so wäre dies ebenso unvernünftig, als wenn man aus dem Umstande, dass dieselben Muskelcontractionen, welche bei Reizung der Streifenhügel entstehen, auch von den Hirnschenkeln oder von den motorischen Bahnen des Rückenmarkes aus erzielt werden können, den Schluss zöge, dass die *Corpora striata* selbst keine motorische Function besitzen.

Eine solche Auffassungsweise verräth nur eine grosse Unkenntniss des Baues und der Entwicklung der Nervencentren. Wesentlich dieselben Bewegungen sind auf verschiedene Weise in verschiedenen Centren repräsentirt. Viele von den bei der Athmung betheiligten Muskeln, für die ein reflectorisches Coordinationscentrum in der *Medulla oblongata* besteht, stehen zugleich unter der Herrschaft des Willens und müssen daher auch in der Grosshirnrinde vertreten sein. Die motorischen Combinationen, welche in den Streifenhügeln gebildet wurden, werden in der Hirnrinde wieder in ihre einzelnen Factoren zerlegt, aber mit wesentlich verschiedener Bedeutung.

Diese wiederholte Vertretung ein und derselben Bewegung in verschiedenen Centren bietet uns einen wichtigen Fingerzeig für das richtige Verständniss der Thatsachen, welche die Physiologie und die Pathologie des Cerebrospinalsystems liefern. Die höchsten Nervencentren können nicht unabhängig von den niederen arbeiten, und die Leistung des einen kann ohne Bezugnahme auf die des anderen nicht genügend verstanden werden.

Nach dieser vorhergeschickten, kurzen Betrachtung über die Untersuchungsmethode will ich nun die Erscheinungen der elektrischen Hirnrindenreizung beschreiben, indem ich meine ersten

diesbezüglichen Angaben¹⁾ theils wiederhole, theils erweitere. Die Details der einzelnen Untersuchungen führe ich hier nicht an, ausgenommen jene Fälle, in denen es sich um streitige Fragen handelt; ich verweise in dieser Beziehung auf meine früheren Arbeiten²⁾.

Die Erklärung der Erscheinungen werde ich erst folgen lassen, nachdem zuvor die letzteren selbst kurz beschrieben worden sind.

¹⁾ Ferrier, Op. cit. West Riding Asyl. Rep. 1873.

²⁾ Ferrier, Memoirs, pres. to the Royal Society:

Localisation of function in the brain, Croonian lecture 1874.

Abstract. Proc. Roy. Soc. 151.

Experim. on the brain of Monkeys, I. Serie, Proc. R. Soc. 161, 1875.

Experim. on the brain of Monkeys, II. Serie, Croonian lecture Philosoph. Transact. Vol. II. 1875.

Abstract. Proc. Roy. Soc. 162. 1875.

Ferner: The Goulstonian lectures on the Localisation of cerebral disease. Brit. med. Journ. 1878.

Achtes Capitel.

Erscheinungen der elektrischen Grosshirnrinden- reizung.

I. Versuche an Affen.

§. 52. Die Oberfläche der Grosshirnhemisphären des Makako (*Macacus*), welche Affenart ich zu den nachfolgenden Versuchen gewöhnlich verwendete, findet sich in den Fig. 26 und 27 dargestellt. Sie ist durch verschiedene Furchen (*Sulci*) in einzelne Lappen und Windungen abgetheilt. Primäre Furchen unterscheiden wir drei: A. die *Fissura Sylvii*, B. die *Fissura Rolandoi* oder *centralis*, C. die *Fissura parieto-occipitalis* oder *perpendicularis*.

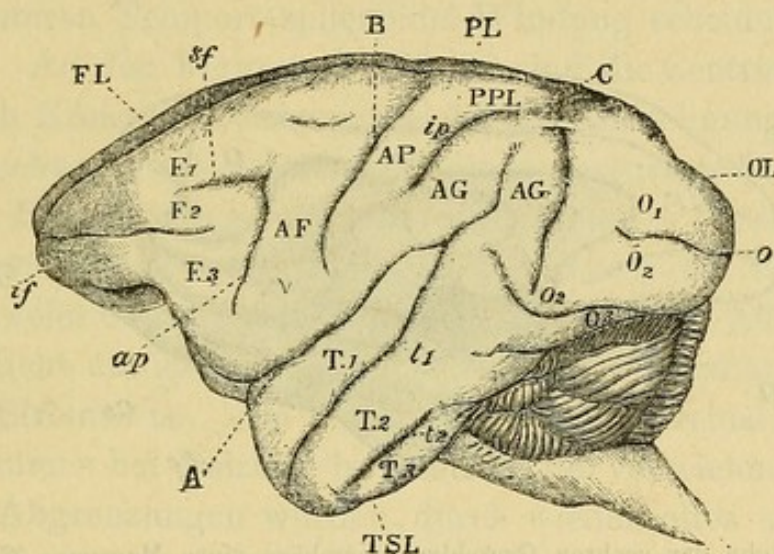
Der Frontallappen (*FL*), vor der *Fissura Rolandoi* gelegen, zerfällt durch secundäre Furchen in drei Windungen: F_1 die obere, F_2 die mittlere, F_3 die untere Frontalwindung (*Gyrus frontalis sup., med. und inf.*). Diese drei Windungen, welche durch die erwähnten zwei secundären Furchen, *Sulcus frontalis superior* (*sf*) und *Sulcus frontalis inferior* (*if*) von einander geschieden werden, fliessen aber rückwärts in die vordere Centralwindung (*Gyrus frontalis ascendens*) (AF) zusammen, welche zwischen der Rolandoischen Furche und dem *Sulcus praecentralis* oder *parietalis anterior* (*ap*) gelegen ist.

Gratiolet rechnete die vordere Centralwindung nicht mehr zum Stirnlappen, den er nach rückwärts nur bis zum *Sulcus praecentralis* (*Antero-parietal Sulcus*) reichen liess, und zählte sie bereits zu den Scheitelwindungen, während Turner sie als *Gyrus ascendens frontalis* den Stirnwindungen zugesellte. Aus physio-

logischen Gründen halte ich zwar die von Gratiolet vorgeschlagene Eintheilung für besser, doch habe ich die allgemein angenommene Benennung beibehalten.

Die untere Fläche des Stirnlappens, die Orbitalfläche, wird manchmal unrichtigerweise auch als Orbitallappen unterschieden (*FO*, Fig. 27). Der Scheitel- oder Parietallappen (*PL*) erstreckt sich von der Rolandoischen Furche bis zur Parieto-occipital-Fissur (*C*). An demselben unterscheiden wir die hintere Centralwindung, auch aufsteigende Scheitelwindung, *Gyrus ascendens parietalis*, genannt (*AP*), welche nach vorne zu von der Centralspalte, nach hinten zu von der Zwischenscheitelfurche *Fissura interparietalis* oder *Fissura intraparietalis* (*ip*) begrenzt wird;

Fig. 26.



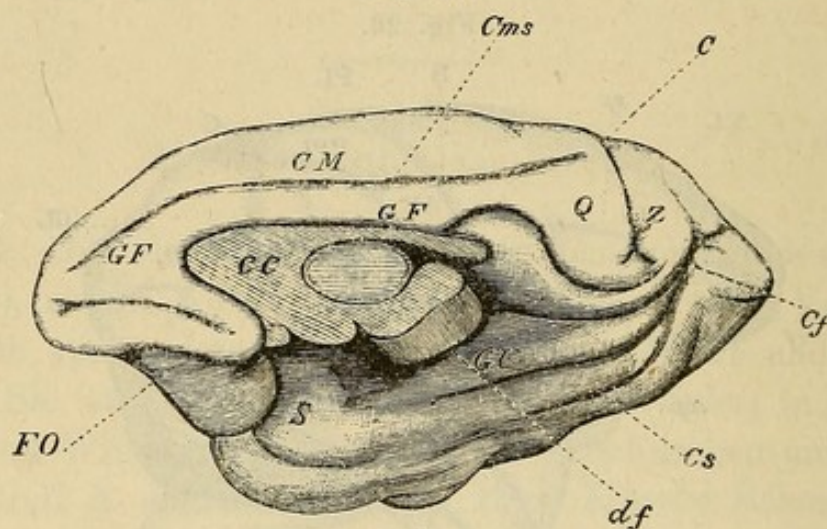
Die linke Seite des Gehirnes eines Affen (*Macacus*). *A*. Sylvische Furche. *B*. Rolandoische Furche. *C*. Parieto-occipital-Furche. *FL*. Frontallappen. *PL*. Parietallappen. *OL*. Occipitallappen. *TSL*. Temporo-sphenoidal- (Schläfen-) Lappen. *F₁*, *F₂*, *F₃*. Obere, mittlere, untere Stirnwindung. *sf*, *if*. Obere, untere Stirnfurche. *ap*. *Sulcus praecentralis*. *AF*. Vordere Centralwindung. *AP*. Hintere Centralwindung. *PPL*. Oberes Scheitelläppchen. *AG*. *Gyrus angularis*. *ip*. Interparietalfurche. *T₁*, *T₂*, *T₃*. Obere, mittlere, untere Schläfenwindung. *t₁*, *t₂*. Obere und untere Schläfenfurche. *O₁*, *O₂*, *O₃*. Obere, mittlere und untere Hinterhauptswindung. *o₁*, *o₂*. Erste und zweite Occipitalfurche.

diese Windung endet oben in dem oberen Scheitelläppchen, dem *Lobulus parietalis posterior* (Huxley) (*PPL*), welcher hinten von der Parieto-occipital-Furche abgeschlossen wird. Der übrige Theil des Scheitellappens, welcher sich um das obere Ende der Sylvischen Furche und der *Fissura temporo-sphenoidalis superior* (*t₁*) herumbiegt, wird *Gyrus angularis* (*AG*) oder *pli courbe* (Gratiolet) genannt.

Der Schläfenlappen, *Lobus temporo-sphenoidalis* (*TSL*), liegt hinter und unter der Sylvischen Furche. Er wird durch zwei sekundäre Furchen (t_1, t_2) in drei Windungen, die obere (T_1), mittlere (T_2) und untere (T_3) Temporo-sphenoidal-Windung getheilt. Die oberen Enden der drei genannten Windungen gehen in den Hinterhauptslappen, *Lobus occipitalis* (*OL*), über; dieser letztere zerfällt demnach ebenfalls wieder in drei Gyri, in die obere (O_1), mittlere (O_2) und untere (O_3) Occipitalwindung.

Wenn man die Windungen, welche die Sylvische Furche begrenzen, auseinander zieht, so erscheinen in der Tiefe Windungen, welche als Insel, *Insula Reilii* oder *Lobus centralis* (Fig. 4, c),

Fig. 27.



Mediale Fläche der rechten Grosshirnhemisphäre eines Macacus. CC. Durchschnittsstelle des *Corpus callosum*. C. Medialer Theil der Parieto-occipital-Furche. Cms. *Fissura callosomarginalis*. Cf. *Fissura calcarina*. df. *Fissura hippocampi* (*Dentate sulcus*) (Huxley). Cs. *Fissura collateralis*. GF. *Gyrus fornicatus*. CM. Marginalwindung. GU. *Gyrus hippocampi*. S. *Uncus gyri fornicati*. Q. Vorzwinkel. Z. Zwickel. FO. Orbitalfläche des Stirnlappens.

bekannt sind, und unter welchen der Linsenkern, der extraventriculäre Theil des *Corpus striatum*, gelegen ist.

Auch an der medialen Fläche der Hemisphäre sind gewisse Furchen und Windungen zu unterscheiden (Fig. 27). Um den Balken, das *Corpus callosum* (CC), schlingt sich der *Gyrus fornicatus* (GF), welcher am Stirnende beginnend, sich über die *Fissura calcarina* (cf) in das *Subiculum Cornu Ammonis* (*Gyrus hippocampi*) (GU) nach hinten und unten fortsetzt. Der vordere untere Theil des *Subiculum* schlägt sich hakenförmig um: *Gyrus*

uncinatus (*Uncus gyri fornicati*)¹⁾ (*S*), Crochet (*Gratiolet*). Durch die *Fissura calloso-marginalis* (*cms*) vom *Gyrus fornicatus* getrennt, verläuft längs des Hemisphärenrandes die Marginalwindung (*CM*). Ein unregelmässiges Lappchen zwischen dem hinteren Ende des *Sulcus calloso-marginalis* und dem medialen Theile der Parieto-occipital-Furche (*C*) hat den Namen vierseitiger Lappen oder *Praecuneus* (*Q*) erhalten. Die *Fissura calcarina* (*Huxley*) (*Cf*) entspricht dem im Hinterhorne des Seitenventrikels gelegenen kleinen Seepferdefusse (*Pes hippocampi minor*) und setzt sich nach vorne zu in die *Fissura dentata* (*df*) fort, welche die Lage des *Pes hippocampi major* im absteigenden Horne des Seitenventrikels markirt. Die Hakenwindung wird durch diese Furche nach oben zu begrenzt, während sie der *Sulcus collateralis* (*Huxley*) (*Cs*) von der unteren Temporo-sphenoidal-Windung scheidet.

§. 53. An den Figuren 28, 29, 30 sind die Centren der Hirnrinde durch Kreise umzeichnet, welche die Ausdehnung jener Regionen angeben, deren elektrische Reizung bestimmte Bewegungen hervorruft. Diese Rindenabtheilungen grenzen sich allerdings nicht scharf gegen einander ab, und durch Reizung der Berührungstellen je zweier Centren erhält man den combinirten Effect beider. Dies geschieht um so leichter, je stärker die Intensität des angewendeten Stromes ist. Am entschiedensten und reinsten tritt die Reaction immer bei Reizung im Centrum der verzeichneten Kreise ein. Die Abgrenzungen wurden durch wiederholtes sorgfältiges Experimentiren gewonnen.

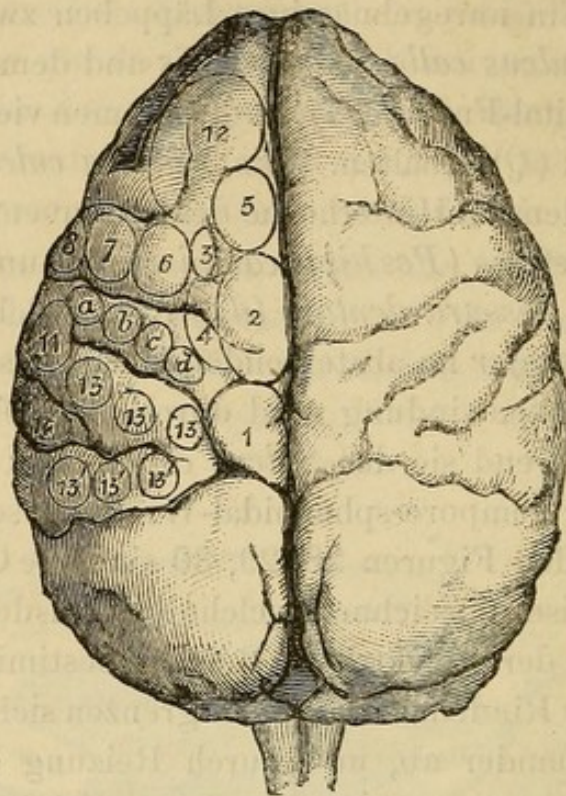
1. *Lobulus parietalis posterior*: Vorwärtsbewegung der entgegengesetzten hinteren Extremität, wie beim Gehen; gelegentlich beschränkt sich die Reaction darauf, dass der Fuss im Sprunggelenke gebeugt und die Zehen ausgebreitet werden.

2. Oberer Theil der hinteren und der vorderen Centralwindung: Combinirte Bewegungen des Ober- und Unterschenkels sowie des Fusses, mit passenden Bewegungen des Rumpfes, wodurch das Bein in die Mittellinie des Körpers gebracht wird, als ob das Thier etwas ergreifen, oder die Brust oder den Unterleib kratzen wollte. Je nach der Dauer und Stärke des Reizes kann

¹⁾ In der englischen Terminologie häufiger als im Deutschen wird der Ausdruck *Subiculum* (*s*) auch für den *gyrus uncinatus* (*gu*) und umgekehrt gebraucht, daher die anscheinend umgekehrte Buchstabenbezeichnung in Fig. 27.

die Reaction, die eben in ihrer vollständigen Ausbildung beschrieben wurde, mehr oder minder Verschiedenheiten darbieten.

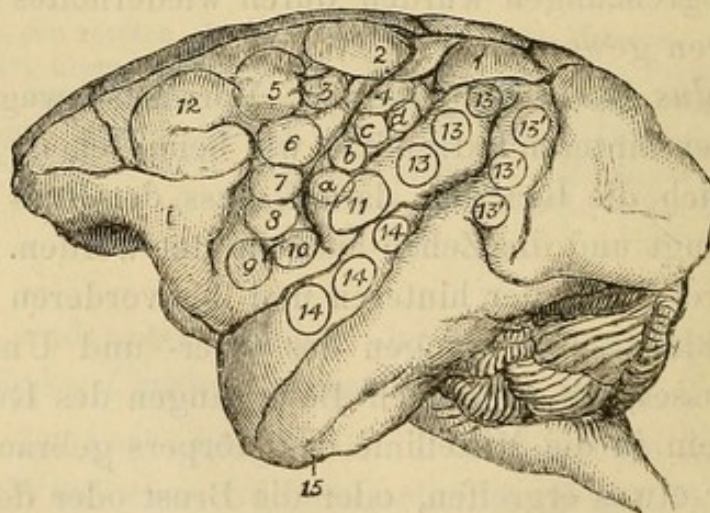
Fig. 28.



Obere Fläche des Affengehirnes.

Die Bedeutung der Zahlen ist aus dem Texte ersichtlich.

Fig. 29.



Linke Hemisphäre des Affengehirnes.

3. In der vorderen Centralwindung unter dem Centrum 2, entsprechend einer leichten Depression, welche sich an dem oberen Theile der vorderen Centralwindung findet: Bewegungen

des Schweifes, wozu häufig noch einige von den oben beschriebenen Bewegungen treten. Ich konnte beide Reactionen nicht vollständig von einander trennen, vielleicht mag dies bei den Affen der neuen Welt leichter gelingen.

4. Hinter 3 und unter 2 gelegen, die sich berührenden Ränder beider Centralwindungen in geringer Ausdehnung in sich fassend: Retraction und Adduction des entgegengesetzten Armes, wobei die *Palma manus* nach rückwärts sieht. Diese Reaction, welche einer Schwimmbewegung gleicht, kann dem *Latissimus dorsi* zugeschrieben werden.

5. Uebergang der obersten Stirnwindung in die vordere Centralwindung: Extension des anderen Armes und der Hand nach vorwärts; Bewegung nach vorne, um etwas zu erreichen, zu berühren.

a, b, c, d an der hinteren Centralwindung: Bewegungen einzelner oder mehrerer Finger und des Handgelenkes, bis zum Ballen der Faust. Bestimmte Centren für die Flexion oder Extension jedes einzelnen Fingers konnte ich allerdings nicht auffinden; jedenfalls sind aber die Greifbewegungen der Finger hier localisirt.

6. Vordere Centralwindung nahe der Umbeugungsstelle des *Sulcus praecentralis*: Supination und Flexion des Vorderarmes, wodurch die Hand gegen den Mund geführt wird. Häufig combinirt sich diese Reaction mit der folgenden.

7. Vordere Centralwindung, unterhalb 6: Contraction der contralateralen *Zygomatici*, wodurch der Mundwinkel retrahirt und in die Höhe gezogen wird.

8: Elevation des Nasenflügels und der Oberlippe der anderen Seite, verbunden mit Herabziehen der Unterlippe, so dass der Hundszahn der anderen Seite sichtbar wird.

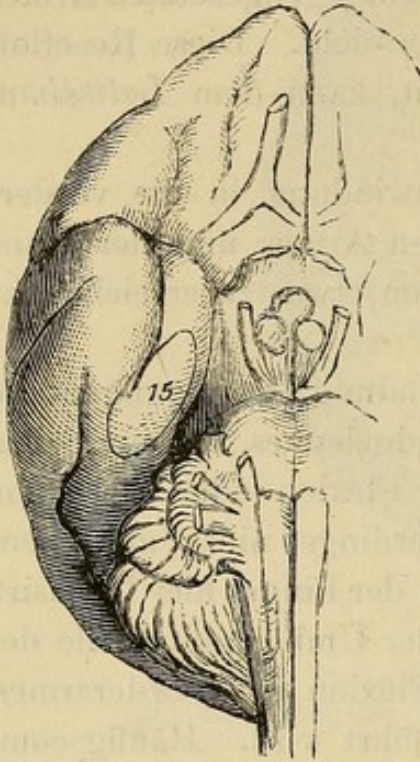
9. und 10. Liegen am unteren Ende der vorderen Centralwindung, in gleicher Höhe mit der untersten Stirnwindung: Oeffnen des Mundes mit Protrusion (9) oder Retraction (10) der Zunge. Auch nach Entfernung der Elektroden bleibt häufig noch abwechselndes Oeffnen und Schliessen des Mundes mit Zungenbewegungen zurück. Die Bewegungen treten hier deutlich bilateral auf.

11. Unterer Theil der hinteren Centralwindung hinter 10: Retraction des entgegengesetzten Mundwinkels, das *Platysma myoides* tritt dabei auch in Thätigkeit, wodurch der Kopf ein Wenig nach der anderen Seite hin geneigt wird.

12. Hintere Hälfte der oberen und mittleren Stirnwindung: Oeffnen der Augen mit Dilatation der Pupillen, Kopf und Augen werden nach der anderen Seite hin gewendet.

13 und 13', welche den *Gyrus angularis* bilden: Die Augen werden nach der anderen Seite und nach auf- (13) oder abwärts

Fig. 30.



Basis des Affengehirnes (rechte Seite).

(13') gewendet. Die Pupillen contrahiren sich dabei in der Regel, auch die Augenlider trachten sich wie bei dem Einfallen eines starken Lichtes zu schliessen. Häufig, wenn auch nicht immer, folgt der Kopf den Bewegungen der Augen.

14. An der oberen Temporo-sphenoidal-Windung: Aufrichten des entgegengesetzten Ohres, Kopf und Augen werden nach der anderen Seite hin gewendet, die Pupillen weit dilatirt.

15. *Gyrus uncinatus* oder untere, innere Fläche des Schläfenlappens (Fig. 30): Drehung der Lippen und Nasenflügel an derselben Seite, so dass das Nasenloch theilweise geschlossen wird, etwa als ob ein stechender Geruch die Nasenschleimhaut treffen würde.

Bei Reizung der übrigen Theile der Hirnoberfläche treten keine so bestimmten und constanten Resultate ein, doch konnte ich Folgendes bemerken.

Unterer Theil der mittleren Schläfenwindung: Mitunter Bewegungen der Zunge, der Backentaschen und der Kiefer, wie dies bei der Einwirkung schmeckender Substanzen auf die Mundschleimhaut geschieht.

Stirnlappen vor 12, die ganze vordere frontale und orbitale Gegend: Das Resultat war fast immer negativ; einmal kam es allerdings nach Reizung der vorderen Gegend des Frontallappens zu Rollbewegungen der Augen nach der anderen Seite hin; doch dürfte es sich auch hier nur um ein zufälliges Zusammentreffen gehandelt haben.

Insel: Der Effect der Reizung war immer negativ.

Occipitallappen: Das Resultat war auch hier immer negativ; bloss einmal bemerkte ich beim Ansetzen der Elektroden an die innere Fläche der unteren Occipitalwindung eine gewisse Unruhe, die sich durch fortwährende Bewegungen der Hinterbeine und des Schweifes manifestirte. Ich kann aber nicht entscheiden, ob es sich hier um die directe Reizung des oberen Endes vom *Gyrus uncinatus* oder um eine Weiterleitung des Stromes zum Tentorium handelte. Es ist äusserst schwer, in dieser Gegend zu experimentiren, und zahlreiche Fehlerquellen machen eine strenge Localisation des Reizes hier kaum möglich.

Marginalwindung (Fig. 27, *CM.*): Dieselbe wurde bloss in einem einzigen Falle untersucht. Reizung in der fronto-parietalen Region ergab Bewegungen des Kopfes und der Extremitäten, anscheinend von derselben Art wie bei Reizung der entsprechenden Gegenden an der convexen Fläche.

Gyrus fornicatus (Fig. 27, *GF.*): Reizung dieser Windung durch Einschieben der isolirten Elektroden tief in die Longitudinalfissur blieb ohne Erfolg.

Corpus callosum (Fig. 27, *CC.*): Ebenfalls keine Reaction.

II. Versuche an Hunden.

§. 54. An der Gehirnoberfläche des Hundes (Fig. 32) finden wir zwei primäre Furchen, die Sylvische Furche (A) und den *Sulcus cruciatus, sillon crucial* (Leuret), *frontal sulcus* (Owen) oder die Coronalfissur (B). Ausserdem sind aber noch mehrere Furchen vorhanden, welche mit einem im Allgemeinen von vorne nach hinten gerichteten Verlaufe die Oberfläche des Gehirnes in vier äussere Windungen, *convolutions externes* (Leuret), theilen.

Die erste dieser Windungen (I, Fig. 32) schlingt sich um den *Sulcus cruciatus* herum und bildet hierbei einen Windungszug, den ich, nach einer von Flower¹⁾ bei der Beschreibung des Gehirnes vom Proteles eingeführten Bezeichnung, *Gyrus sygmoideus, sigmoid gyrus*, nenne. Die beiden vor und hinter dem *Sulcus cruciatus* gelegenen Abschnitte des *Gyrus sygmoideus*

¹⁾ Flower, Proc. Zool. Soc. Lond. Nov. 1869.

werden auch als *Gyrus praecruciatatus* (*praefrontalis*) und *postcruciatatus* (*postfrontalis*) unterschieden.

Die zweite äussere Windung (*II*, Fig. 32) verläuft parallel der eben genannten von vorne nach rückwärts und erscheint in ihrem hinteren Drittheile durch eine secundäre Furche in zwei Windungen zertheilt.

Die dritte äussere Windung (*III*, Fig. 32) nimmt einen ähnlichen Verlauf.

Die vierte äussere Windung (*IV*, Fig. 32) endlich umkreist die Sylvische Furche. Ich habe sie manchmal auch die Sylvische Windung genannt. Gegen das frontale Ende der Hemisphäre verwischen sich die scharfen Grenzen zwischen den einzelnen Windungen (vgl. Fig. 32).

Die elektrische Erregbarkeit der Grosshirnrinde und die Thatsache der Localisation wurde zuerst am Gehirne des Hundes in der sehr wichtigen Arbeit von Fritsch und Hitzig¹⁾ nachgewiesen. Die folgenden Angaben und die Figur 31 sind der Originalbeschreibung der genannten beiden Autoren entnommen.

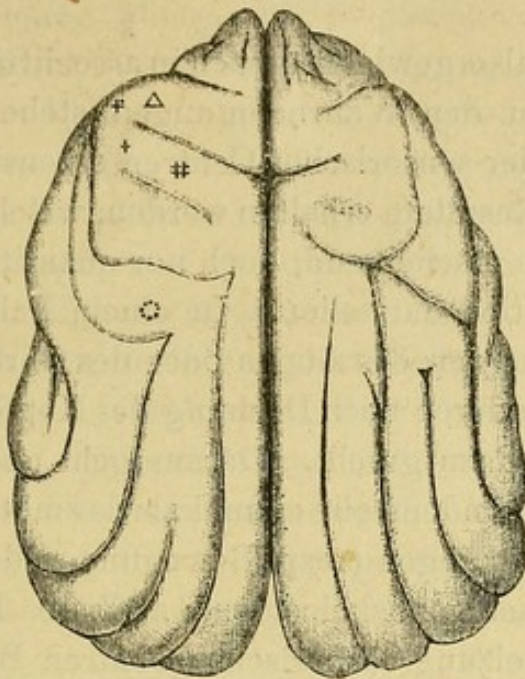
„Das Centrum für die Nackenmuskeln (Fig. 31, \triangle) liegt im lateralen Theile des praefrontalen Gyrus, dort wo die Oberfläche dieser Windung den steilen Abfall nach unten nimmt. Das äusserste Ende des postfrontalen Gyrus birgt in der Gegend des lateralen Endes der frontalen Fissur (Fig. 31, \dagger) das Centrum für die Extensoren und Adductoren des Vorderbeines. Etwas nach rückwärts davon und mehr der Coronalfissur genähert (Fig. 31, $+$) liegen die der Beugung und Rotation des Gliedes vorstehenden Centralgebiete. Die Stelle für das Hinterbein (Fig. 31, $\#$) befindet sich ebenfalls im postfrontalen Gyrus, aber medianwärts von der für das Vorderbein und etwas mehr nach hinten. Der Facialis (Fig. 31, \odot) wird von dem mittleren Theile des supersylvischen Gyrus innervirt. Die betreffende Stelle übertrifft häufig an Ausdehnung 0.5 cm und erstreckt sich von der Hauptknickung oberhalb der sylvischen Furche aus nach vor- und abwärts.

Wir müssen hinzufügen, dass es nicht in allen Fällen gelang, von der erstgenannten Stelle aus die Nackenmuskeln in Bewegung

¹⁾ Fritsch und Hitzig, Ueber die elektrische Erregbarkeit des Gehirnes. Reichert und Du Bois-Reymond's Archiv 1870.

zu setzen. Die Rücken-, Schwanz- und Bauchmuskeln haben wir zwar oft genug von den zwischen den bezeichneten Punkten liegenden Partien aus zur Contraction gebracht, indessen liess sich

Fig. 31.



Gehirn des Hundes nach Fritsch und Hitzig.

eine circumscribed Stelle, von der aus sie isolirt zu reizen waren, nicht mit Bestimmtheit feststellen. Die ganze nach rückwärts von dem Facialiscentrum liegende Partie der Convexität fanden wir auch gegen ganz unverhältnissmässige Stromintensitäten absolut unerregbar.“

Während nun Hitzig in seinen späteren Arbeiten¹⁾ viele der von mir in meiner ersten Abhandlung (in West Riding Asylum Reports) angegebenen Thatsachen bestätigt, so zweifelt er doch wieder andere an, wie z. B. die Erregbarkeit der hinter der Sylvischen Furche

gelegenen Rindentheile. Die von mir beschriebenen, betreffenden Erscheinungen seien auf, andere Gehirnthteile erreichende, Stromschleifen zurückzuführen. Zur Unterstützung seiner Ansicht führt er an, dass die Resultate unter einander nicht im Einklange ständen, und dass durch meine Versuche die einzelnen motorischen Centren nicht auf bestimmte Regionen der Hirnrinde localisirt würden, sondern sich vielmehr die gleichen Bewegungen bei Reizung von weit auseinander liegenden Stellen ergäben.

Dieser Widerspruch besteht aber nicht in Wirklichkeit, er geht bloss aus der Art hervor, in welcher Hitzig die Erscheinungen auffasst. Die Thatsache allein, dass nach Reizung einer umschriebenen Stelle der Gehirnrinde bestimmte Muskelbewegungen auftreten, beweist noch nicht, dass dieselbe Stelle ein motorisches Centrum in der eigentlichen Bedeutung des Wortes sei. Wir werden vielmehr später sehen, dass diejenigen Bewegungen,

¹⁾ Hitzig, Kritische und experimentelle Untersuchungen zur Physiologie des Grosshirnes. Unters. ü. d. Gehirn.

Ferrier, die Functionen des Gehirnes.

welche von den erwähnten, weiter hinten gelegenen Rindenpartien aus ausgelöst werden können, gleichsam der Ausdruck einer bestimmten Wahrnehmung sind, und dass der Charakter dieser Bewegungen uns wesentlich über die Art dieser Wahrnehmung belehrt.

Diese Bewegungen, welche also gewissermassen in associirter oder reflectorischer Beziehung zu den Wahrnehmungen stehen, werden je nach der Erregbarkeit der sensorischen Centren extensiv verschieden ausfallen. So können Resultate erhalten werden, welche äusserlich vollkommen verschieden erscheinend, doch nur quantitative Unterschiede derselben Reaction darstellen. In einem Falle mag es vielleicht bloss zu Bewegungen des Auges oder des Ohres kommen, während sich in einem anderen noch Drehung des Kopfes nach der entgegengesetzten Seite dazu gesellt. Daraus geht aber nicht hervor, dass ich die fragliche Rindenstelle einmal als das motorische Centrum für die Augenbewegungen (resp. Bewegungen des Ohres), das andere Mal als das Nackenmuskelcentrum auffasse. In manchen Fällen können durch Reizung sensorischer Centren Bewegungen ausgelöst werden, welche den bei Reizung eines wahren motorischen Centrums auftretenden vollkommen gleichen (vgl. die Stellen 12 und 14 am Affenhirne); und dennoch ist die Bedeutung der Reaction in beiden Fällen eine vollkommen differente.

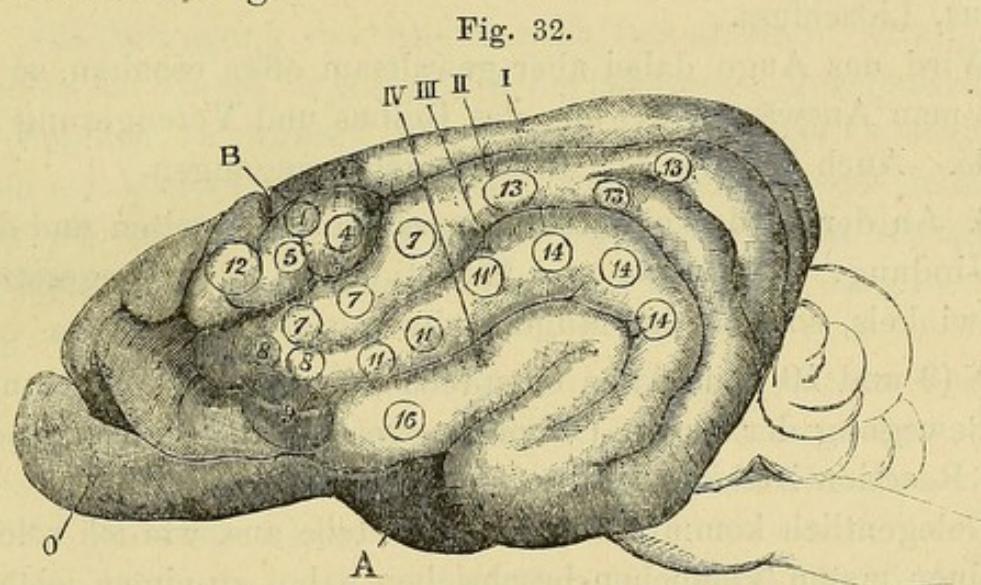
In der nun folgenden Beschreibung werde ich meine Versuchsergebnisse angeben, die im Wesentlichen mit den in meiner ersten Abhandlung niedergelegten übereinstimmen. Nur einige Erscheinungen, deren Bedeutung mir früher nicht vollkommen klar war, und die noch einer weiteren Untersuchung zu bedürfen schienen, glaube ich jetzt auf Stromschleifen zurückführen zu dürfen, wie solche ja bei gewissen, schwer frei zu legenden Theilen des Gehirnes, kaum vermieden werden können. Dies gilt ganz besonders von dem frontalen Ende des Hunde- und Katzenhirnes, welches sehr schwer erreichbar und in nächster Nähe des grossen *Bulbus olfactorius* gelegen ist. Ich beschrieb gewisse rasche Bewegungen des Kopfes, und mitunter auch der Athemmuskeln, welche beim Ansetzen der Elektroden auf die vordere Stirngegend eintreten sollen. Diese müssen aber, wie ich nun in voller Uebereinstimmung mit Hitzig glaube, auf eine Weiterleitung des Stromes zu dem empfindlichen *Bulbus olfactorius* oder zur *Dura mater* zurückgeführt, und dürfen daher auch nur als Reflexbewegungen

aufgefasst werden. Die Schwierigkeiten der Localisation nehmen ja zu, je weniger die zu untersuchenden Regionen der Hirnrinde sich von benachbarten empfindlichen Geweben trennen lassen; in solchen Fällen müssen wir die Resultate mit grosser Vorsicht aufnehmen und sie für zweifelhaft ansehen, insolange sie nicht auf andere Weise ihre Bestätigung gefunden haben.

In den folgenden Angaben habe ich des leichteren Vergleiches wegen versucht, correspondirende Stellen des Hunde- und des Affenhirnes mit den gleichen Zahlen zu bezeichnen; damit soll übrigens nur annäherungsweise auf eine physiologische Gleichwerthigkeit hingewiesen sein, indem selbst bei verschiedenen Thieren derselben Gattung wieder derartige individuelle Schwankungen vorkommen, dass eine vollständig correcte Vergleichung nicht ausführbar erscheint.

Die nachstehenden Zahlen beziehen sich alle auf Figur 32.

1: Das entgegengesetzte Hinterbein wird wie beim Gehen nach vorne bewegt.



Linke Hemisphäre des Hundehirnes.

A. Sylvische Furche. B. *Sulcus cruciatus*. O. *Bulbus olfactorius*. I, II, III, IV. Erste, zweite, dritte, vierte äussere Windung. Die Bedeutung der Zahlen ergibt sich aus dem Texte. 1, 4, 5, 12 befinden sich auf dem *Gyrus sigmoideus*.

Eine Bewegung, wie wir sie nach Reizung der Stelle 2 des Affenhirnes beobachten konnten, lässt sich durch Reizung des Hundehirnes nicht erzielen.

3: Laterale, wedelnde Schweifbewegung.

In dem Holzschnitte, welcher meiner ersten Publication über diesen Gegenstand beigegeben ist, erstreckt sich dieses Centrum

(dort mit 9 bezeichnet) zu weit nach rückwärts. Es handelte sich damals offenbar um eine Ueberempfindlichkeit der Rinde in Folge der wiederholten Untersuchung. Die späteren Versuche lehrten mich dieses Centrum in der hier angegebenen Weise umschreiben.

4: Retraction und Adduction des anderseitigen Vorderbeines.

5: Erheben der Schulter und Extension des anderseitigen Vorderbeines nach vorne zu, Schreitbewegung.

+ Die Centren 6, a, b, c, d des Affenhirnes konnte ich beim Hunde nicht auffinden, beobachtete aber manchmal mit den unter 4 und 5 beschriebenen Bewegungen Flexion der Pfote. In einem Falle (bei einem grossen Jagdhunde) bekam ich von der Stelle + aus (seitlich von 4) bloss Flexion der Pfote, ohne andere Bewegungen.

7. Verschiedene Stellen des frontalen Abschnittes der zweiten Windung: Combinirte Action des *Orbicularis oculi* und *Zygomaticus*, Lidschluss.

Wird das Auge dabei aber gewaltsam offen erhalten, so bemerkt man Auswärtsbewegung des Bulbus und Verengerung der Pupille. Auch Hitzig sah diese Augenbewegungen.

8. An der vorderen Vereinigungsstelle der zweiten und dritten Windung: Retraction und Elevation des entgegengesetzten Mundwinkels, so dass der Mund theilweise geöffnet wird.

9 (9 und 10 beim Affen entsprechend): Oeffnen des Mundes und Bewegung der Zunge (Vorwärtsstrecken und Zurückziehen). Diese Reaction ist bilateral.

Gelegentlich kommt es von dieser Stelle aus, wie ich solches in meinen ersten Versuchen beschrieben habe, zu einem leichten Bellen oder Knurren. Ich konnte dies in einem späteren Versuche sehr gut beobachten. So oft ich die Elektroden an der angegebenen Stelle (9) ansetzte, gab das Thier einen Laut, ein deutliches Bellen, von sich. Um die Möglichkeit eines bloss zufälligen Zusammentreffens auszuschliessen, reizte ich successive verschiedene Stellen des Gehirnes und erhielt stets die jedem Centrum entsprechenden charakteristischen Erscheinungen, aber niemals Bellen.

So oft ich jedoch mit den Elektroden an die bestimmte Stelle, das „Mundcentrum“, zurückkam, trat das Bellen ein.

11: Die wesentliche Reaction scheint eine Retraction des Mundwinkels in Folge Contraction des Platysma zu sein. Gelegentlich, besonders von den vorderen Antheilen dieser Gegend aus, sah ich die Mundwinkel sich beiderseits retrahiren, und ein- oder zweimal bemerkte ich, dass das Ohr nach abwärts gezogen wurde, während sich der Mundwinkel retrahirte. Dies scheint aber bloss eine intensivere Form derselben Muskelaction zu sein.

Bei Reizung der mit 11' bezeichneten Stelle kommt es, ähnlich wie von 7 aus, mehr zu einer Hebung des Mundwinkels und der Gesichtshälfte bis zum Lidschluss.

12: Oeffnen des Auges und Dilatation der Pupille; die Augen und der Kopf wenden sich nach der anderen Seite. Ein- oder zweimal bemerkte ich eine convergirende Bewegung der Bulbi, während die Pupillen fortwährend dilatirt blieben. Diese Reaction ist charakteristisch für den vorderen Theil des *Gyrus sigmoides* und entspricht vollkommen den von 12 aus beim Affen erzielbaren Reizeffekten.

13: Bewegung der Augen nach der anderen Seite hin und zwar in der Regel in etwas schiefer Richtung; gelegentlich sind die Pupillen verengert. Die Augen pflegen sich zu schliessen, wenn sie aber bereits geschlossen waren, so können sie sich im Momente der Reizung auch leicht öffnen. Manchmal bewegte sich der Kopf, wenn die Reizung fortgesetzt wurde, in derselben Richtung wie die Augen.

14: Aufrichten oder Retraction des anderseitigen Ohres.

Ich habe beim Hunde nicht, wie dies beim Affen so constant der Fall war, von 14 aus eine associirte Reaction mit der von 12 beobachten können.

15: Drehung der Nase nach derselben Seite, als ob sie direct gereizt würde.

Reizung der übrigen Theile der Hirnrinde gibt beim Hunde keine constanten und wohl differenzirten Resultate.

Bei Reizung des frontalen Abschnittes der vierten äusseren Windung 16, habe ich ein- oder zweimal Bewegungen beobachtet, welche als Emporziehen der Oberlippe und Erweiterung der Nasenlöcher bezeichnet werden können; es ist aber äusserst schwierig zu entscheiden, ob es sich hier wirklich um eine localisirte Rindenreizung handelte, oder ob die Erscheinungen nicht vielmehr auf eine indirecte Reizung des *Tractus olfactorius* zurückzuführen sind.

Ueber die Reizung des frontalen Endes der Hemisphäre habe ich gerade früher gesprochen.

Vom hinteren (unteren) Rande der Sylvischen Furche aus konnte ich keine bestimmte Reaction erhalten. Reizung des hinteren Abschnittes der oberen, äusseren Windung und der hinter den bezeichneten Punkten gelegenen Rindentheile, lieferte keine constanten Resultate, wenn ich auch gelegentlich Zeichen von Unruhe oder Bewegungen beobachten konnte, welche als Ausdruck einer schmerzhaften Hautempfindung aufgefasst werden dürften. Wie wir später sehen werden, geben Versuche an entsprechenden Stellen des Katzenshirns ähnliche Resultate. An und für sich genügen die angeführten Reactionen nicht, um ein entschiedenes Urtheil über die Function dieses Rindenabschnittes zu fällen, doch gewinnen sie, zusammengehalten mit anderen Erscheinungen, sehr an Werth (vgl. §. 67).

Es ist selbstverständlich, dass an den mit zahlreichen und tiefen Furchen versehenen Gehirnen ein Theil der Hirnrinde, derjenige nämlich welcher sich in der Tiefe der Sulci verbirgt, der elektrischen Reizung nicht zugänglich ist. Doch haben wir ein anatomisches Merkmal, welches uns gestattet, wenigstens mit grosser Wahrscheinlichkeit zu entscheiden, ob eine solche direct nicht erreichbare Rindenstelle als motorisch anzusehen sei, oder nicht. Betz¹⁾ hat nämlich gefunden, dass die erregbare, motorische Zone der Hirnrinde des Hundes sich durch das Vorhandensein einzelner besonders grosser Pyramidenzellen, Riesenpyramiden, auszeichnet, wie solche von Bevan Lewis²⁾ auch in analogen Rindenpartien der Katze und des Schafes nachgewiesen wurden. In der Rinde des *Gyrus posterocruciatu*s, der sich in die *Fissura calloso-marginalis* fortsetzt, hat Obersteiner³⁾ dieselben grossen Rindenzellen in unmittelbarer Continuität der Centra 1 und 5 sehr weit nach unten und hinten verfolgen können, und so auf anatomischem Wege nachgewiesen, dass die motorischen Centra sich auch weiter in die Tiefe dieser Furche hinein erstrecken.

¹⁾ Betz, Anatomischer Nachweis zweier Gehirncentra. Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1874.

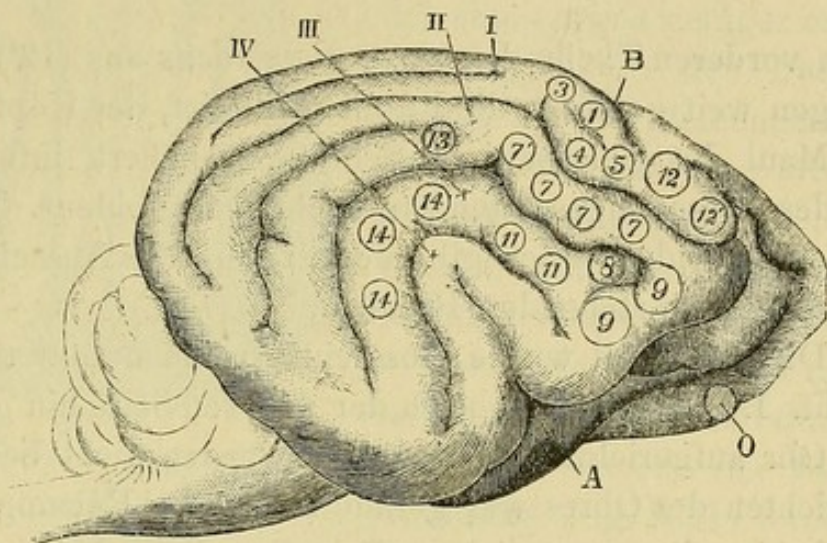
²⁾ Bevan Lewis, On the comparative structure of the *Cortex cerebri*. Brain 1878, 1. Heft.

³⁾ Obersteiner, Die motorischen Leistungen der Grosshirnrinde. Wien. med. Jahrb. 1878.

III. Versuche an Schakalen.

§. 55. Die folgenden Versuche an zwei wilden nordafrikanischen Schakalen (*Canis aureus*), die ich durch Herrn Bartlett, Director des zoologischen Gartens in London, erhielt, schliessen sich den Versuchen, welche ich an Hunden anstellte, enge an; denn beide Thierarten stehen sich rücksichtlich ihrer Lebensweise und der Bildung ihres Gehirnes sehr nahe (Fig. 33).

Fig. 33.



Rechte Hemisphäre eines Schakalgehirnes. A. *Fissura Sylvii*. B. *Sulcus cruciatus*. I, II, III, IV. Die vier äusseren Windungen.

1: Vorwärtsbewegung des entgegengesetzten Hinterbeines aus seiner gestreckten Stellung.

3: In einem Falle Bewegungen des Schwanzes.

4: Retraction des entgegengesetzten Vorderbeines. In einem Falle war gleichzeitig Adduction, im anderen Retraction des Humerus und Flexion des Unterarmes vorhanden.

5: Erhebung der Schulter sowie Flexion des Unterarmes und der Pfote. Dies folgte auf eine rasche Extension nach vorn; gesonderte Centren für die Flexion und Extension konnten in keinem Falle aufgefunden werden.

7: Hinaufziehen der Wange und partieller Verschluss des Auges. Bei 7' war besonders der Lidschluss zu bemerken; in einem Falle divergerten die Bulbi. Das Verhalten der Pupille wurde nicht beobachtet.

8: Erheben der Oberlippe, so dass die Zähne erscheinen, ohne dass der Mund vollständig geöffnet wird.

9: Oeffnen des Mundes und Vorstrecken der Zunge. Dabei gibt das Thier keinen Laut von sich.

11. Verschiedene Punkte an der frontalen Abtheilung der dritten äusseren Windung: Der Mundwinkel wird heftig retrahirt, wobei das Platysma in Action tritt.

12: Beide Augen werden weit geöffnet. Dilatation der Pupillen; beide Augen und schliesslich auch der Kopf wenden sich nach der anderen Seite. In einem Falle convergiren die Augen und wurden die Ohren gespitzt, wie bei gespannter Aufmerksamkeit.

Vom vorderen Theile des *gyrus sigmoides* aus (12') wurden beide Augen weit geöffnet, die Pupillen dilatirt, der Kopf gesenkt und das Maul der gleichseitigen Schulter genähert, infolge Contraction des entgegengesetzten Sternocleidomastoideus. Die combinirte Action beider Seiten gibt dem Thiere das Aussehen eines auf dem Anstande stehenden Hundes.

13: Diese Gegend wurde bloss einmal und da nur theilweise untersucht. Der Kopf wurde nach der anderen Seite hin gewendet und das Ohr aufgerichtet. Die Augen wurden nicht beobachtet. Das Aufrichten des Ohres war gerade so wie bei Reizung von 14, so dass wir hier einen complicirten Reizeffect dieser beiden Centren vor uns haben.

14: Rasches Retrahiren oder Aufrichten des anderen Ohres. Mitunter geschah es auch, dass das Thier bei Application der Elektroden an dieser Stelle einen raschen Satz nach vorwärts machte und dabei beide Ohren aufrichtete, als ob es plötzlich über etwas erschrocken wäre.

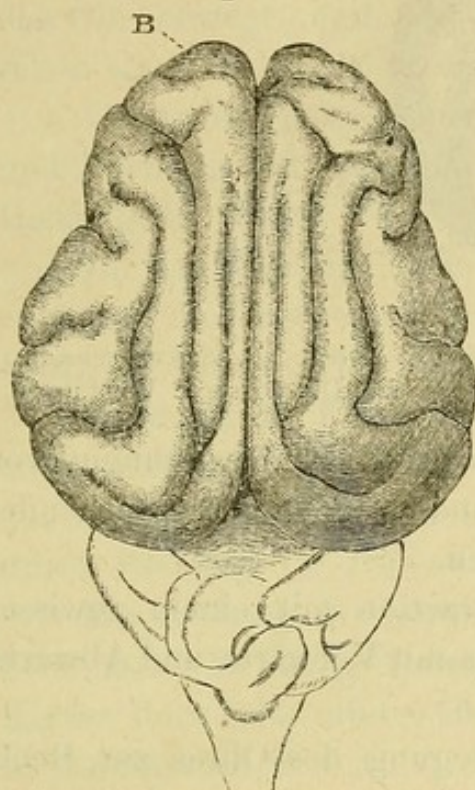
Ausserdem habe ich nur noch die hintere Gegend der oberen äusseren Windung nach ihrer Umbeugung untersucht und in dem einen Falle keine Reaction, in dem anderen Falle Zeichen von Unbehagen, Stampfen mit dem entgegengesetzten Hinterbeine, Drehen des Kopfes nach rückwärts, als wollte sich das Thier von der Ursache der Reizung überzeugen, beobachtet.

Die angeführten Versuche stimmen also in dieser Beziehung mit den ähnlichen Beobachtungen am Hunde und, wie wir sehen werden, an der Katze überein.

IV. Versuche an Katzen.

Die Windungen des Katzenhirnes (Figg. 34 und 35) zeigen im Ganzen einen ähnlichen Verlauf mit denen des Hundehirnes.

Fig. 34.



Gehirn der Katze von oben.

B. *Sulcus cruciatus*.

Die *Fissura Sylvii* (A) und der *Sulcus cruciatus* (B) sind leicht wiederzufinden.

Die erste äussere Windung bildet einen etwas weniger entwickelten Bogen um den *Sulcus cruciatus*, als die gleichnamige Windung beim Hunde. Die zweite äussere Windung (Fig. 35, II) läuft parallel mit der ersten und verschmilzt rückwärts mit ihr.

Die dritte Windung (Fig. 35, III) ist durch einen Verbindungsgyrus mit der vierten, der Sylvischen Windung (Fig. 35, IV) verbunden. Die Zahl III deutet gerade auf den Beginn dieses Verbindungsgyrus hin.

1: Vorwärtsbewegen des anderen Hinterbeines wie beim Gehen.

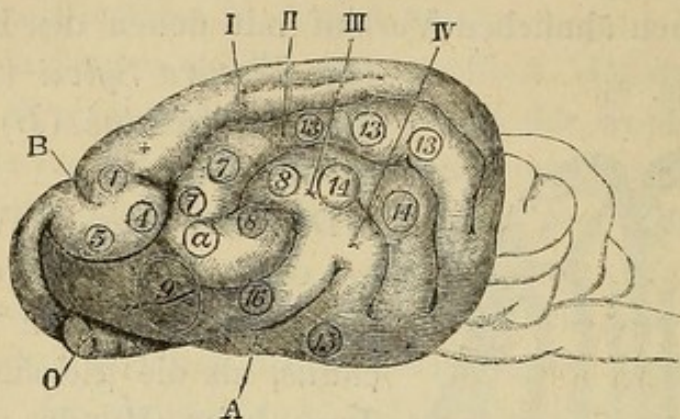
4: Retraction und Adduction des entgegengesetzten Vorderbeines. Wenn diese Bewegung schnell ausgeführt wird, so gleicht sie der, welche die Katzen beim Werfen eines Balles machen.

5: Erhebung der Schulter und des Oberarmes der anderen Seite, während Unterarm und Pfote in einer halbgebeugten Stellung verharren. Die Bewegung ist die gleiche, wie das Erheben der Pfote beim Vorwärtsschreiten. Es scheint mir, als ob 5 und 6 des Affenhirnes bei der Katze hier vereinigt wären.

a: Greifbewegung mit der Pfote und Protrusion der Klauen. Dies ist eine der charakteristischen Bewegungen der Katze und kann leicht hervorgerufen werden; sie ist dem Ballen der Faust, welches von der hinteren Centralwindung der Affen aus erzeugt werden kann, vergleichbar und combinirt sich häufig mit der Reaction des folgenden Centrums.

7. Verschiedene Punkte der zweiten Windung, frontaler Theil: Elevation des Mundwinkels und der Wange mit Lidschluss. Der Zustand der Augen und der Pupillen wurde nicht in allen

Fig. 35.



Linke Hemisphäre des Katzenshirnes. A. *Fissura Sylvii*. B. *Sulcus cruciatus*. O. *Tractus olfactorius*, abgeschnitten. I, II, III, IV. Die äusseren Windungen.

Fällen beobachtet, doch waren in einigen Augenbewegungen vorhanden. Hitzig hat auch beim Hunde von der entsprechenden Stelle aus Augenbewegungen gesehen.

8: Eine Combination von Retraction mit einem gewissen Grade von Elevation des Mundwinkels mit Vorwärts- und Abwärtsziehen des Ohres.

Gelegentlich kam nur die Bewegung des Ohres zur Beobachtung.

9. Das untere und orbitale Ende der vereinigten dritten und vierten Windung: Oeffnen des Mundes und Bewegungen der Zunge. Dabei kam es häufig zur Bildung von Lauten und anderen Actionen, welche eine Gemüthsbewegung auszudrücken schienen, als Spucken, Peitschen mit dem Schweife wie im Zorn.

Eine der von 11 aus beim Hunde zu erzielenden (Platysma) ähnliche Reaction konnte ich nicht erreichen, sie scheint mit 8 associirt zu sein. Auch einen der Stelle 12 des Affen, Hundes und Schakals analogen Punkt, sowie ein Schweifcentrum (3 beim Hunde) konnte ich nicht auffinden. Reizung der Stelle + gerade hinter dem *Gyrus sigmoides*, welche anatomisch dem Schweifcentrum des Hundes entsprechen würde, blieb entweder negativ oder erzeugte, wenn sie stark war, Bewegung des Kopfes und der Augen nach der anderen Seite hin, welche Erscheinungen ich aber einer lateralen Diffusion des Stromes zu dem folgenden Centrum zuschreiben möchte.

13. Verschiedene Punkte am parietalen Theile der zweiten Windung: Bewegung der Augen und häufig auch des Kopfes nach der anderen Seite hin. Die Pupillen waren dabei meist contrahirt.

14. Das Ohr wird rasch zurückgezogen, Kopf und Augen wenden sich nach der anderen Seite hin. Mitunter wird bloss das Ohr bewegt, und bei tiefer Narkose oder wenn das Thier schon stark erschöpft ist, kann auch die Reaction ganz ausbleiben.

15. An der Spitze des *Gyrus uncinatus*: Erhebung der Lippe und Drehung der Nase gegen dieselbe Seite hin (wie bei directer Reizung der Nase).

16. Am frontalen Ende der Sylvischen Windung: Die Lippen entfernen sich von einander, so dass der Mund theilweise geöffnet wird; bei andauernder Reizung wird er vollständig geöffnet.

Auch bei der Katze halte ich die Bewegungen, welche ich in meiner ersten Publication als vom frontalen Hemisphärenende aus erregbar beschrieben habe, nunmehr bloss für reflectorisch, durch Reizung des *Bulbus olfactorius* bedingt.

Bei Reizung des hinteren Antheiles der Sylvischen Windung bemerkte ich häufig Bewegungen (gewöhnlich Schliessen) der Kiefer, doch kann dieses Resultat immerhin zweifelhaft erscheinen in Anbetracht der Nähe des Temporal Muskels, welcher behufs Freilegung dieser Gehirnstelle theilweise weggeschnitten und umgebogen werden muss. Hingegen machen es andere Umstände, welche im nächsten Capitel ihre Besprechung finden werden, nicht unwahrscheinlich, dass wir es hier mit Reflexbewegungen zu thun haben, die durch Reizung eines in der Nähe gelegenen sensorischen Centrums angeregt werden.

In manchen Fällen konnte ich, wie beim Hunde und beim Schakale, bei Reizung der hinteren Abtheilung der obersten Windung Zeichen von Unbehagen, als ob schmerzhaft Reize an den anderseitigen Extremitäten wahrgenommen würden, beobachten; vielleicht weist diese Erscheinung auf ein Centrum für die tactilen Wahrnehmungen hin (vgl. §. 67).

Marcacci¹⁾ hat auch am Gehirne des Schafes Reizversuche mit dem inducirten Strome angestellt und vor dem *Sulcus cruciatus*

¹⁾ A. Marcacci, Determinazione della zona eccitabile nel cervello pecorino. Arch. ital. per le mal. nervose 1877.

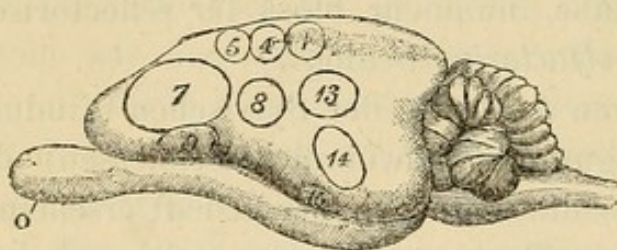
vier Stellen gefunden, von denen aus gewisse verschiedene Bewegungen, welche fast alle gleichsam eine künstliche Reproduction der dieser Thierart eigenthümlichen Bewegungsformen darstellen, erregt werden konnten.

V. Versuche an Kaninchen.

Da sich am Gehirne der Kaninchen keine Windungen unterscheiden lassen, so ist es schwierig, die Reizpunkte genau anzugeben. Die Lage der verschiedenen Centren ist durch sorgfältige Vergleichung des Gehirnes nach der Section mit einem unverletzten bestimmt und in der beigegebenen Figur genau angegeben (Fig. 36).

Ein seichter Sulcus X, welcher parallel der Längsfissur verläuft, kann als homolog mit jener Furche angesehen werden,

Fig. 36.



Linke Hemisphäre des Kaninchengehirnes.
O. *Bulbus olfactorius*. X Parallelfurche.

welche beim Hunde und bei der Katze die oberste, äussere Windung abgrenzt. Die Lage der Sylvischen Furche wird durch einen seichten Eindruck zwischen dem schmalen frontalen und dem breiten occipitalen Theile des Ge-

hirnes, von welchem letzteren der *Tractus olfactorius* (O) seinen Ursprung nimmt, angedeutet.

1. Am vorderen Ende des oben erwähnten schwachen Sulcus: Das anderseitige Hinterbein wird aus seiner gestreckten Stellung nach vorn bewegt.

4: Retraction und Adduction des entgegengesetzten Vorderbeines.

5: Erhebung der Schulter und Vorwärtsstrecken des anderseitigen Vorderbeines wie beim Gehen.

7. Einen grossen Theil des frontalen Hemisphärenabschnittes einnehmend: Retraction und Elevation des Mundwinkels mit häufigen Kaubewegungen, während der Kopf nach und nach gegen die entgegengesetzte Seite gedreht wird.

8. Gerade hinter der oben angegebenen Stelle: Schliessen des anderen Auges, mit Erheben der Wange und des Mundwinkels,

gelegentlich auch mit nicht genauer zu beschreibenden Bewegungen des Ohres.

9. An der Orbitalfläche des frontalen Hemisphärenabschnittes: Oeffnen des Mundes und Bewegungen der Zunge.

Centren, welche den beim Hunde und Affen mit 11 und 12 bezeichneten entsprechen würden, konnte ich nicht finden.

13. In der Parietalregion: In der Regel Vorwärtsbewegen des entgegengesetzten Auges, gelegentlich auch Drehen des Kopfes nach der anderen Seite. Ein oder das andere Mal schien auch, allein nicht in ganz zweifelloser Weise, die Pupille contrahirt zu sein.

14: Rasche Retraction und Aufrichten des entgegengesetzten Ohres, mitunter mit einem Auffahren des Thieres, als ob es nach vorne springen wollte.

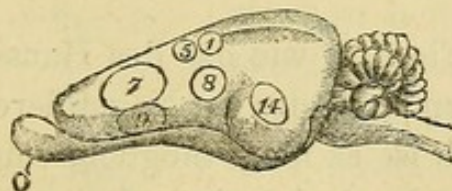
15: Verdrehung oder Verschluss der Nasenlöcher, in der Regel auf beiden Seiten. Mitunter kam es dabei auch, sicherlich infolge gemeinsamer Reizung beider Centren, zu den unter 14 angegebenen Reactionen.

Reizung der übrigen Theile des Gehirnes ergab mir keine positiven Resultate; nur einmal, als ich die Elektroden in der longitudinalen Fissur nach rückwärts führte, kam es zu einer plötzlichen krampfhaften Extension des anderen Hinterbeines mit allgemeinem Zittern.

VI. Versuche an Meerschweinchen.

§. 58. Wie das Gehirn des Meerschweinchens dem des Kaninchens in den meisten Beziehungen gleicht, so sind auch die

Fig. 37.



Linke Hemisphäre des Meerschweinchengehirnes.

O. *Bulbus olfactorius*.

Resultate der elektrischen Reizung wesentlich dieselben.

Die Ziffern haben ebenfalls wieder die gleiche Bedeutung.

1: Vorwärtsbewegen des Hinterbeines.

5: Aufheben des Vorderbeines wie beim Schreiten, hierauf rasche Retraction und Adduction. Die Centren 4 und 5 des Kaninchenhirnes konnten hier nicht von einander getrennt werden.

7: Retraction und Elevation des Mundwinkels, Kaubewegungen und schliesslich Ziehen des Kopfes nach der entgegengesetzten Seite.

8: Schliessen des Auges und Erheben der Wange.

9: Oeffnen des Mundes.

14: Aufrichten des anderseitigen Ohres.

VII. Versuche an Ratten.

§. 59. Die an weissen Ratten angestellten Versuche ergaben die gleichen Resultate wie beim Kaninchen und beim Meerschweinchen. Doch sind die Centren für die Extremitäten dem

Fig. 38.

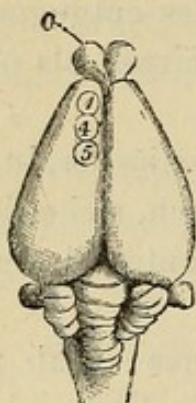


Fig. 39.



Obere Fläche des Rattengehirnes.
O. *Bulbus olfactorius*.

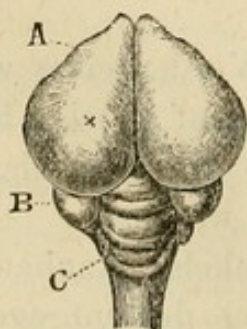
Rechte Hemisphäre des Rattengehirnes.

vorderen Ende der Hemisphäre näher gerückt, als bei den zwei eben genannten Thieren. Da in den Fig. 38 und 39 die Zahlen wieder die gleiche Bedeutung wie früher haben, so erscheint eine genauere Beschreibung der Versuchsergebnisse unnöthig.

VIII. Versuche an Tauben.

§. 60. Das Grosshirn der Taube (Fig. 40), wie das des Haushuhnes, scheint zwar nach demselben Typus wie das der Nagethiere

Fig. 40.



Gehirn der Taube.

gebaut zu sein, doch ist es nicht möglich, von seiner Oberfläche aus durch elektrische Reizung die gleichen Erscheinungen hervorzurufen. In meinen ersten Experimenten konnte ich absolut keine Reactionen von irgend welcher Stelle der Hemisphären aus erzielen; doch fand ich später, dass von der mit X bezeichneten Rindenpartie aus, welche in der oberen parietalen Region gelegen ist, eine bestimmte und con-

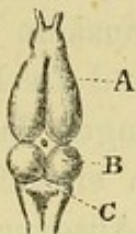
stante Reaction erzeugt werden kann; sie besteht in Contraction der entgegengesetzten Pupille und gelegentlich auch in Drehen des Kopfes nach der anderen Seite hin.

In einigen wenigen Fällen trat bei Reizung einer weiter unten gelegenen Stelle bloss Drehung des Kopfes ohne Pupillenverengung ein. Im Uebrigen blieben alle Reizversuche negativ.

IX. Versuche an Fröschen.

§. 61. In Anbetracht der geringen Grösse des Froschgehirnes (Fig. 41) sind localisirte Reizungen desselben sehr schwer durchführbar, und ist die Gefahr einer Weiterleitung des Stromes zu den benachbarten Gebilden desto grösser.

Fig. 41.



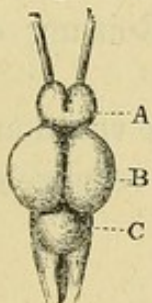
Gehirn des
Frosches
(zweimal ver-
grössert).

Bei Reizung einer Hemisphäre mit sehr fein gespitzten, nur äusserst wenig von einander abstehenden Nadelelektroden konnte ich Bewegungen der entgegengesetzten Extremitäten beobachten. Langendorff¹⁾ fand, dass bei Anwendung sehr schwacher Ströme nur der parietale Theil der Hemisphäre erregbar sei, während Reizung aller übrigen Stellen der Gehirnoberfläche ohne Erfolg blieb.

X. Versuche an Fischen.

§. 62. Aehnlichen Schwierigkeiten begegnen wir, wenn wir die Grosshirnrinde der Fische untersuchen wollen. Die Freilegung des Gehirnes und die Fixirung des Thieres sind verhältnissmässig leicht. Der Körper des Fisches wurde zwischen Leisten

Fig. 42.



Gehirn
des Karpfens.

so befestigt, dass der Mund des Thieres in einen Trog tauchte, in welchem das stets zufließende Wasser im gleichen Niveau erhalten wurde, während die Flossen und der Schweif frei beweglich blieben. Bei Reizung einer Hemisphäre wurde der Schweif nach der anderen Seite hin geschlagen, die Pectoral-, Anal- und Dorsalflossen geriethen ebenfalls in Action, doch war die ganze Bewegung so complicirt, dass sie kaum genau beschrieben werden kann.

¹⁾ Langendorff, Ueber die elektrische Erregbarkeit der Grosshirnhemisphären des Frosches. Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1876, S. 945.

Gleichzeitig wurden in der Regel die Augen nach vorne und innen bewegt.

Reizung der Basalganglien.

1) *Corpora striata* (2, Fig. 5).

§. 63. Die Ergebnisse der Streifenhügelreizung bei Affen, Katzen, Hunden, Schakalen und Kaninchen stimmen vollständig unter einander überein.

Bei Reizung eines Streifenhügels tritt allgemeine Muskelcontraction an der anderen Körperhälfte ein. Der Kopf und der Rumpf werden kräftig nach der anderen Seite hin gewendet, so dass Kopf und Schweif sich nähern; die Gesichtsmuskeln befinden sich dabei im Zustande tonischer Contraction und die Extremitäten in flectirter Stellung. Augenscheinlich gelangen dabei alle die verschiedenen Bewegungen, welche von den einzelnen Stellen der Hirnrinde aus erregt werden konnten, zum Ausdrücke, mit Ueberwiegen der Flexoren über die Extensoren.

Beim Kaninchen ist der Pleurosthotonus nicht so vollständig, auch ist während der Reizung kein tonischer Krampfzustand der Muskeln vorhanden, denn die Kaubewegungen der Kiefer dauern an. Besondere differenzirte Bewegungen können durch directe Reizung der Streifenhügel, wie dies schon Carville und Duret hervorgehoben haben, nicht erzeugt werden. Wenn in den Versuchen von Dr. Burdon Sanderson nach Entfernung der Hirnrinde noch bestimmte Bewegungen hervorzurufen waren, so sind diese durch eine Reizung der Markfasern, welche die Rindencentren mit ihren entsprechenden Ganglienmassen im Streifenhügel verbinden, bedingt, und nicht durch directe Reizung des Streifenhügels.

Im Streifenhügel scheinen sich die Bahnen, welche von den in der Hirnrinde differenzirten Centren herabführen, zu vermischen.

2) *Thalami optici* (3, Fig. 5).

An Affen, Katzen, Hunden und Schakalen konnte ich bei Anwendung eines Stromes, der bei Einwirkung auf die Streifenhügel Muskelcontractionen zu erregen vermochte, von den Sehügeln aus keinerlei Reaction erzielen. Ich habe eine einzige

wohl nur zufällige Ausnahme gefunden, dass nämlich bei einem Affen, nach Application der Elektroden an die innere Oberfläche des Thalamus, in der Nähe der weichen Commissur, krampfhaft Extension der Beine eintrat.

Auch beim Kaninchen war das Resultat mit einer einzigen Ausnahme negativ; beim Ansetzen der Elektroden an den Thalamus traten Augenbewegungen, Zucken des anderen Ohres, Zittern und krampfhaft Bewegungen der Extremitäten sowie allgemeine Unruhe ein, Erscheinungen, welche man wohl als Zeichen einer allgemeinen Reizung der sensorischen Centren ansehen kann.

Neuntes Capitel.

Die Grosshirnhemisphären in ihrer physiologischen Bedeutung.

§. 64. Wir haben in dem vorhergehenden Capitel bloss eine einfache Beschreibung der Erscheinungen gegeben, welche bei elektrischer Reizung der Grosshirnhemisphären an verschiedenen Thieren auftreten, und haben dieselben in einer solchen Weise zusammengestellt, dass wir sie leicht unter einander vergleichen können. Wir werden sehen, dass sich, abgesehen von gewissen individuellen Schwankungen, sehr auffällige Uebereinstimmungen nachweisen lassen, welche die Basis zur Aufstellung von anatomischen oder physiologischen Homologien bilden können.

Wenn auch viele von den beschriebenen Bewegungen deutlich den Charakter des Absichtlichen oder Gewollten haben, so ist uns dennoch die Bedeutung anderer dunkler geblieben, und wir müssen erst zu entscheiden trachten, in welcher Weise die Reizung eines bestimmten Rindentheiles und die daraus resultierenden motorischen Erscheinungen auf einander bezogen werden können. Die Thatsache allein, dass auf die Reizung einer Stelle eine Bewegung erfolgt, gibt uns noch kein Recht, ein motorisches Centrum anzunehmen. Die Bewegungen können das Resultat irgend eines bewussten, durch physiologische Worte nicht genau zu bezeichnenden Vorganges sein, sie können ferner reflectorisch erfolgen oder aber wirklich motorisch in dem Sinne sein, dass sie das Ergebniss der Reizung eines Rindentheiles darstellen, welcher in directer Verbindung mit den motorischen Abschnitten des Hirnschenkels steht.

Die Methode der Reizung allein ist nicht genügend, um diese Fragen zu entscheiden; sie fordert zu ihrer Ergänzung noch die Zerstörung jener Rindenabschnitte, auf deren Reizung eben die bestimmten motorischen Erscheinungen erfolgt sind.

Bei meinen Versuchen, die physiologische Bedeutung der im früheren Capitel mitgetheilten Erscheinungen zu ergründen, habe ich hauptsächlich am Gehirne des Affen experimentirt. Das Gehirn dieser Thiere ist nach demselben Typus wie das menschliche gebaut, und ihre Lebensweise ist eine solche, dass sie uns die am meisten verwendbaren Daten liefert, um daraus Schlüsse auf die Leistung des menschlichen Gehirnes zu ziehen. Dies gilt besonders mit Rücksicht auf das Vorhandensein oder Nichtvorhandensein von bestimmten Wahrnehmungen, indem es ja häufig äusserst schwierig ist, zwischen einer bewussten und einer reflectorischen Reaction auf sensorische Reize zu unterscheiden.

Die localisirte Zerstörung gewisser Rindenabschnitte wurde gewöhnlich mittelst des Cauteriums, gelegentlich auch durch Excision dieser Theile, ausgeführt. Die Beobachtung der Erscheinungen und die zahlreichen Versuche wurden noch durch eine sorgfältige *post-mortem*-Untersuchung über die Ausdehnung der Läsion und über den Allgemeinzustand des Gehirnes vervollständigt. (Genauere Details über diese Untersuchungen siehe „Philosophical Transactions II, 1875“.)

I. Sensorische Centren.

a) Der *Gyrus angularis*.

§. 65. Im vorhergehenden Capitel wurden die Resultate einer Reizung dieser Windung unter 13 und 13' angegeben (Fig. 29). Dieselben bestanden im Allgemeinen in Bewegungen der Augen, mit welchen sich häufig Bewegungen des Kopfes nach der entgegengesetzten Seite hin und oft auch Verengerung der Pupillen combinirten. Die correspondirenden Theile am Gehirne der Katze, des Hundes und des Schakals fanden wir im parietalen Theile der zweiten äusseren Windung (Fig. 32, 33, 35). Auch am Gehirne des Kaninchens (Fig. 36) nimmt das entsprechende Centrum die parietale Region ein, und am Gehirne der Taube finden wir das Centrum für die Pupillencontraction an einer ähnlichen Stelle (Fig. 40).

Diese Phänomene scheinen rein reflectorischer Natur zu sein, hervorgerufen durch die Erregung subjectiver Gesichtswahrnehmungen. Zerstörung des *Gyrus angularis* verursacht Blindheit des anderen Auges. Dieser Verlust des Sehvermögens ist vollständig, aber nicht andauernd, wenn der *Gyrus angularis* der anderen Hemisphäre intact bleibt. Es kommt rasch zu einer Compensation, so dass das Sehen mit beiden Augen wie früher möglich wird. Ist hingegen der *Gyrus angularis* an beiden Hemisphären zerstört worden, dann ist auch der vollständige Verlust des Sehvermögens permanent, so lange wenigstens, als ich die Thiere unter meiner Beobachtung erhalten konnte.

Beschränkt sich die Verletzung genau auf den *Gyrus angularis*, so stellt der Verlust des Sehvermögens die einzige bemerkbare Erscheinung dar. Alle anderen Sinne und die Fähigkeit zu Willensbewegungen bleiben intact.

Zum Beweise für das eben Angegebene mögen die Details aus einigen Versuchsprotocollen genügen. In einem Falle wurde der *Gyrus angularis* der linken Hemisphäre zerstört. Das linke Auge wurde genau verbunden. Nachdem sich das Thier aus der Chloroformnarkose erholt hatte, begann es an der Stelle, wo es sich befand, munter umherzutappen, allein es wollte sich nicht vom Platze bewegen. Es zwinkerte nicht, wenn man es nahe an das Gaslicht hielt; im Käfige nahm es keine Notiz von seinen Genossen, sondern sass still für sich. Das Gehör und die anderen Sinne waren nicht ergriffen; Reizung dieser Sinne erregte deutliche Reactionen. Nachdem ich es eine Stunde unter diesen Bedingungen gelassen hatte, entfernte ich die Binde vom linken Auge. Auf den Boden gesetzt, schaute es umher und lief schnell zu seinen Genossen in den Käfig. Hielt ich es nun an das Licht wie früher, so zwinkerte es und wendete den Kopf ab. Es war also der Wechsel in dem Benehmen des Thieres nach Entfernung der Binde ein äusserst auffallender. Am nächsten Tage gab es jedoch bereits, trotzdem ich ihm das linke Auge wieder verbunden hatte, deutliche Zeichen, dass es mit dem rechten Auge sehe. Es lief in seinem Käfige, dessen Thüre geschlossen war, herum; es leckte Wasser aus einer Schüssel, welche es nur erreichen konnte, indem es seine Hand zwischen den Gitterstäben herausstreckte.

In einem anderen Falle war der *Gyrus angularis* an beiden Seiten genau cauterisirt worden. Während einer langen Zeit der

Beobachtung konnte ich kein sicheres Zeichen für das Vorhandensein des Sehvermögens auffinden, welches sich nicht auch als blosser Reflexaction hätte deuten lassen. Das Thier sass nämlich still und wollte sich nicht von der Stelle bewegen, so dass sich nicht entscheiden liess, ob es im Stande sei, sicher zu gehen und Hindernisse zu vermeiden. Die Pupillen contrahirten sich bei der Einwirkung des Lichtes, und das Thier versuchte, demselben auszuweichen. Wurde ihm ein Stück Apfel derart zugeworfen, dass es gerade seine Hand berührte, so nahm es dasselbe auf, roch daran und ass es mit Appetit. Wurde es angerufen, so drehte es sich und sah nach der Richtung des Tones hin. Mit Ausnahme des Widerstrebens, sich von seinem Platze zu bewegen, was offenbar auch von einem Gefühle der mangelnden Sicherheit herrührte, war anscheinend nichts vorhanden, was mit Entschiedenheit beweisen würde, dass das Thier wirklich blind war. Ich hatte aber früher gefunden, dass es den Thee liebte und demselben überall nachlief. Ich brachte nun eine Schale Thee an seine Lippen, und es begann eifrig zu trinken. Als ich die Schale entfernte, konnte der Affe, obwohl er seinen Wunsch, weiterzutrinken, durch Zeichen ausdrückte, die Schale nicht mehr finden, selbst dann nicht, wenn seine Augen darauf gerichtet waren. Diese Probe wurde mit demselben Resultate mehrmals wiederholt. Endlich brachte ich die Schale wieder an seine Lippen: er tauchte den Kopf ein und fuhr auch dann zu trinken fort, wenn ich die Schale langsam weiter bewegte und durch das halbe Zimmer zog. Das Thier hatte alle seine Muskelkraft und das Wahrnehmungsvermögen für alle Sinneseindrücke mit Ausnahme derer des Gesichts behalten. Bei der Section am nächsten Tage fand ich den *Gyrus angularis* an beiden Seiten vollständig zerstört, während der Rest des Gehirnes normal erschien (Fig. 43 und 44, a. f. S.). Die Resultate zahlreicher anderer Versuche führten zu denselben Schlüssen.

Durch diese Experimente werden manche bedeutende physiologische Fragen entschieden. Sie zeigen uns, dass Zerstörung des *Gyrus angularis* eine motorische Lähmung nicht zur Folge hat. Es dürfen daher die Bewegungen, welche bei elektrischer Reizung auftreten, nur als reflectorische Zeichen eines sensorischen Reizes angesehen werden; allerdings kann das Experiment nicht entscheiden, ob diese Bewegungen durch die associirte Thätigkeit

der motorischen Rindentheile oder durch diejenige der tieferen Centren angeregt werden. Diese Versuche legen uns auch die vollständig gekreuzte Beziehung der Hemisphären zum Sehorgane klar. Die

Fig. 43.

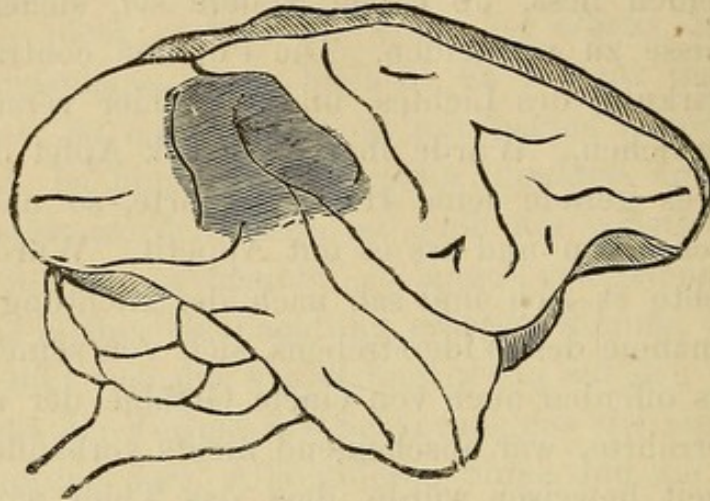
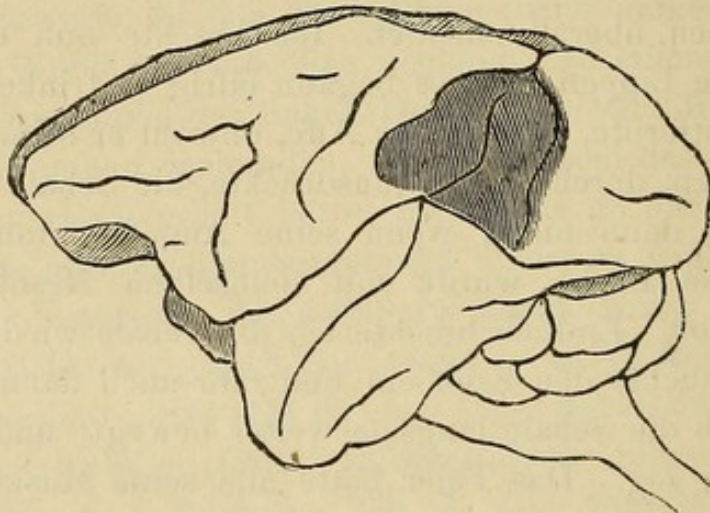


Fig. 44.

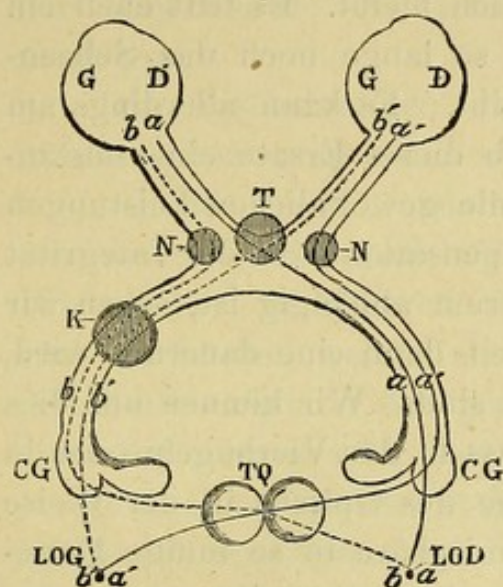


Die in Schatten gelegten Theile entsprechen den Verletzungen der Hirnrinde des Affen, welche Blindheit zur Folge haben.

Zerstörung eines *Gyrus angularis* verursacht keine Hemiopie, auch nicht theilweise Blindheit in beiden Augen, sondern vollständige Blindheit im anderseitigen Auge allein. Würde bloss eine Hälfte der Netzhaut nach der Zerstörung des *Gyrus angularis* unthätig geworden sein, so müsste das Thier noch immer so weit sein Sehvermögen erhalten haben, um danach seine Bewegungen einzurichten, wenn auch allerdings mit weniger Sicherheit als früher. Dies war aber keineswegs der Fall; denn der plötzliche Wechsel nach Entfernung der Binde vom gesunden Auge bewies nicht ein besseres Sehen, sondern einen raschen Uebergang von vollständiger Blind-

heit zu wiederhergestelltem Sehvermögen. Diese Thatsachen scheinen allerdings für eine vollständige Kreuzung der Sehnerven im Chiasma des Affen und des Menschen, sowie auch der niederen Thiere zu sprechen. Charcot hat aber vor Kurzem ein geistreiches Schema für den Verlauf der Opticusfasern durch das Chiasma angegeben (Fig. 45), welches einerseits damit im Einklange steht, dass Läsionen des Chiasma Hemiofie erzeugen, andererseits mit der Thatsache, dass Zerstörung des Sehcentrum in der Hirnrinde vollständige, einseitige Blindheit im anderen Auge hervorruft. Im

Fig. 45.



Schema der Opticuskreuzung nach Charcot. *T*. Semidecussation im Chiasma. *TQ*. Decussation hinter den Kniehöckern. *CG*. Kniehöcker. *a'b*. Fasern, welche sich im Chiasma nicht kreuzen. *b'a*. Fasern, welche im Chiasma eine Kreuzung eingehen. *b'a'*. Fasern, welche vom rechten Auge kommend in die linke Hemisphäre (*LOG*) gelangen. *LOD*. Rechte Hemisphäre. *K*. Läsion des linken *Tractus opticus*, welche rechtsseitige laterale Hemiofie erzeugt. *LOG*. Eine Läsion an dieser Stelle erzeugt rechtsseitige Amblyopie. *T*. Läsion, welche temporale, und *NN*. eine Läsion, welche nasale Hemiofie nach sich zieht.

Chiasma verlaufen nämlich Fasern (*b'a*) gekreuzt, und andere (*a'b*) ungekreuzt. Die letzteren befinden sich aussen, während die ersteren im *Tractus opticus* eine mehr centrale Lage einnehmen. Jeder Tractus enthält also Fasern von jedem Auge, die äusseren vom Auge derselben Seite, die inneren für die correspondirende Hälfte des entgegengesetzten Auges. Daher tritt nach Läsion der linken Seite des Chiasma oder des linken *Tractus opticus* (*K*) rechtsseitige Hemiofie beider Augen durch Lähmung der linken Hälfte beider Retinae ein. Die äusseren Fasern, also diejenigen, welche sich im Chiasma nicht kreuzen, kreuzen sich aber in der Vierhügelgegend (*TQ*) und erreichen auf diese Weise die entgegengesetzte Hemisphäre, während die Fasern, welche sich bereits im Chiasma gekreuzt haben, direct durch die Kniehöcker (*CG*) in die Rinde derselben Seite (*LOG* und

LOD) eintreten. In Folge dieser Verhältnisse würden also alle Fasern vom rechten Auge die linke Hemisphäre und umgekehrt erreichen. So könnten wir es demnach erklären, dass eine Verletzung der Rindencentren vollständige Blindheit des anderen Auges nach

sich zieht, während weiter unten gelegene Läsionen in den Vierhügeln, in den Kniehöckern oder im *Tractus opticus* schon Fasern von beiden Augen treffen und daher partielle Blindheit in beiden Augen hervorrufen würden. Dieses Schema lässt sich allerdings anatomisch nicht nachweisen, allein es kann uns dazu dienen, viele von den klinischen Beobachtungen in genügender Weise zu erklären.

Eine andere Thatsache von grosser Bedeutung, welche wir durch diese Experimente kennen gelernt haben, ist die, dass auch nach vollständiger Zerstörung des Sehcentrum an einer Seite das Sehen mit beiden Augen noch möglich bleibt. Es tritt eben ein gewisser Compensationsprocess ein, so lange noch das Sehcentrum einer Hemisphäre erhalten bleibt. Es kann allerdings am Thiere nicht entschieden werden, ob dieser Ersatz ein vollständiger ist; aber sicherlich ist er für die gewöhnlichen Leistungen genügend. Dass die gedachte Compensation von der Integrität des anderen gleichbedeutenden Centrum abhängig ist, sehen wir daraus, dass die vollständige Blindheit dann eine dauernde wird, wenn beide Centren zerstört worden sind. Wir können uns dies nur durch die Annahme erklären, dass in den Vierhügeln oder in den Kniehöckern die Ursprungskerne des Opticus in der Weise bilateral associirt und mit jeder Hemisphäre in so innige Beziehung gebracht sind, dass auch nach vollständiger Zerstörung des einen Sehcentrum die Bedingungen für das Zustandekommen von Gesichtswahrnehmungen vermittelt beider Augen erfüllt sind. Das Vorhandensein einer solchen compensatorischen Beziehung zwischen beiden Hemisphären kann uns ferner die relative Seltenheit von Amaurose in Folge einseitiger Rindenerkrankung beim Menschen erklärlich machen. Wir schliessen dabei natürlich jene Fälle von Blindheit aus, welche nur in Folge einer secundären Degeneration des Opticus und der Netzhaut, wie beispielsweise bei Gehirntumoren eintreten. Da aber die Degeneration der grauen Rindensubstanz in der Regel nur langsam vorwärts schreitet und im Verhältniss dazu die Compensation eine rasche ist, so wird uns die Abwesenheit vollständiger Blindheit an einem Auge, selbst wenn das Sehcentrum der anderen Hemisphäre vollständig zerstört ist, nach dem, was wir aus den früheren Versuchen gelernt haben, nunmehr auch verständlich. Die plötzliche organische oder functionelle Aufhebung der Thätigkeit eines

Sehcentrum hingegen muss sich durch eine vorübergehende einseitige Blindheit oder sonstige Sehstörung manifestiren.

Nicht selten geschieht es, dass in Folge von Gehirnkrankheiten an derselben Seite mit der Hemiplegie auch Verlust oder Abschwächung des Gesichtes eintritt. Nach Bastian ist dies dann am häufigsten der Fall, wenn die *Arteria cerebri posterior* embolisirt wird. Er erklärt die Affection des Gesichtes durch die Annahme, dass der *Tractus opticus* oder die entsprechenden Vierhügel in die Läsion mit einbezogen wurden. Es scheint mir aber, dass schnell eintretende Functionsstörungen des Sehcentrum in der Hirnrinde die erwähnten Symptome eben so gut zu erklären vermögen.

Die Erscheinungen der cerebralen Hemianästhesie, über welche später gesprochen werden soll, lassen sich ebenfalls vollkommen mit der von uns angenommenen Localisation des Sehcentrum und mit dessen experimentell nachgewiesener gekreuzter Wirksamkeit in Uebereinstimmung bringen. In solchen Fällen sitzt die Läsion, welche ausser anderen Erscheinungen auch die Abschwächung oder den gänzlichen Verlust des Sehvermögens auf einer Seite verursacht, nicht in dem betreffenden corticalen Sehcentrum selbst, sondern in den Markfasern, welche dieses Centrum mit den Ursprungskernen des Opticus verbinden.

Ueber die Zerstörung homologer Regionen an den Gehirnen niederer Thiere habe ich nicht sehr zahlreiche Versuche angestellt. Flourens wusste, dass nach Entfernung einer ganzen Hemisphäre Blindheit des anderen Auges eintritt; allein er schrieb diese Erscheinung nicht der Verletzung eines einzelnen bestimmten Rindentheiles zu. Ich habe bei einer Katze mit dem Cauterium jene Stelle der Hirnrinde linkerseits zerstört (13, Fig. 35), welche nach den Reizerfolgen dem Sehcentrum des Affen zu entsprechen schien; die Läsion erstreckte sich ein Wenig sowohl gegen die dritte, als gegen die obere äussere Windung hin. Nachdem das linke Auge vorher sorgfältig verbunden worden war und das Thier sich aus der Narkose erholt hatte, begann es, mit offenem rechtem Auge umherzutappen und bald darauf auch im Zimmer umherzugehen, stiess aber immer mit seinem Kopfe gegen die Hindernisse, welche ihm im Wege standen. Nach zwei Stunden wurde das linke Auge geöffnet. Nun konnte sich das Thier mit viel grösserer Freiheit bewegen und vermied in der Regel die Hindernisse;

allerdings stiess es sich noch manchmal an, dies war aber meiner Meinung nach durch die Blindheit des rechten Auges zu erklären. Es bestätigt also dieses Experiment die am Affen gefundene That-
sache von einseitiger Blindheit nach Zerstörung des Sehcentrum und lehrt uns die diesbezüglichen homologen Regionen am Gehirne der Katze kennen. — In neuester Zeit hat Munk¹⁾ dieselben Versuche an Hunden wiederholt, indem er ihnen eine Stelle der Hirnrinde, welche der eben angegebenen Region bei der Katze genau entspricht, entfernte; er exstirpirte eine Stelle des Hinterlappens nahe seiner hinteren oberen Spitze und fand dann gewisse Störungen des Sehvermögens im Auge der anderen Seite, welche er als „Seelenblindheit“ bezeichnete. Die Erscheinungen pflegten im Verlaufe von vier bis sechs Wochen wieder zu verschwinden. Nach Entfernung einer grösseren Strecke der Hirnrinde aber kam es zu andauernder Blindheit des anderen Auges, „Rindenblindheit“.

Auf die Versuche, welche Munk an Affen bezüglich des Sehcentrum anstellte, werden wir später (§. 71) zurückkommen.

Goltz²⁾ hat in seinen zahlreichen Exstirpationsversuchen am Gehirne des Hundes immer Blindheit eintreten gesehen; doch hat er die Verletzungen nicht genügend umschrieben, nicht genau localisirt angebracht, so dass seine Ergebnisse für die Entscheidung der Frage nach der Lage des Sehcentrum nicht maassgebend sind. Auch die Versuche von Goltz werden wir am Schlusse dieses Capitels nochmals zu besprechen haben.

Die Experimente von McKendrick³⁾ zeigen, dass Zerstörung der in Fig. 40 mit \times bezeichneten Stelle am Gehirne der Taube Blindheit im anderseitigen Auge hervorruft. Er fand Exstirpation des vorderen Theiles eben so wie Entfernung des hinteren Abschnittes der Hemisphäre ohne Einfluss auf das Sehen. Wenn aber die erst angegebene Stelle exstirpirt wurde, so ging das Sehvermögen im anderen Auge verloren. Er unterscheidet genau zwischen bewussten Gesichtswahrnehmungen und bloss reflectorischen Reactionen in Folge von Gesichtseindrücken, und kommt zu dem

¹⁾ H. Munk, Zur Physiologie der Grosshirnrinde. Berl. klinische Wochenschr. 1877, Nr. 35. Archiv von Du Bois 1878.

²⁾ Goltz, Ueber die Verrichtungen des Grosshirnes. Pflüg. Archiv XIII u. XIV, B.

³⁾ McKendrick, Observations and Experiments on the *Corpora striata* and Cerebral Hemispheres of Pigeons. Roy. Soc. Edinb. 1873.

Schlusse, dass die ersteren, die Gesichtswahrnehmungen, durch die in Frage stehende Läsion vernichtet werden.

b) Die obere Schläfenwindung.

§. 66. Reizung dieser Windung (14, Fig. 29) beim Affen ergibt ganz bestimmte Resultate: rasche Retraction, Aufstellen des entgegengesetzten Ohres, weites Oeffnen der Augen, Pupillendilatation sowie Wenden des Kopfes und der Augen nach der anderen Seite hin.

Das Gesamtbild dieser Reactionen gleicht jenem raschen Stutzigwerden, dem plötzlichen Aufschauen bei dem Erschrecken oder bei der Ueberraschung, wenn ein lauter Ton das der gereizten Hemisphäre gegenüberliegende Ohr trifft. Dies wird durch folgendes einfaches Experiment nachgewiesen: Ich setzte einen Affen auf den Tisch, und während Alles ringsherum ruhig war, wurde nun nahe am rechten Ohre des Thieres ein schriller Pfiff ausgestossen. Augenblicklich richtete das Thier ein Ohr auf und drehte sich mit dem Ausdrücke der höchsten Ueberraschung, mit weit geöffneten Augen und dilatirten Pupillen nach jener Richtung, aus welcher der Ton kam. Wenn dieser Versuch wiederholt wurde, so traten allerdings das Spitzen der Ohren und das Drehen von Kopf und Augen nach der Richtung des Schalles noch constant ein, allein der Ausdruck der Ueberraschung und die Dilatation der Pupillen fehlten.

Der blosse Charakter dieser Reaction erlaubt schon ohne weitere experimentelle Nachweise den Schluss zu ziehen, dass die beschriebenen Bewegungen die äusseren Zeichen für die Entstehung einer subjectiven Gehörs wahrnehmung sind, und dass die oberste Schläfenwindung kein motorisches Centrum, sondern ein Centrum für die Gehörs wahrnehmungen ist, dessen Reizung die in Frage stehenden Bewegungen auf reflectorischem Wege anregt. Meiner Meinung nach ist es allerdings experimentell nicht entscheidbar, ob in diesem Falle die Bewegungen allein durch die Thätigkeit der niederen Centren bewirkt werden, oder ob sie durch eine associirte Leistung der betreffenden motorischen Rindencentren zu Stande kommen. Mir scheint aber die letztere Annahme wahrscheinlicher, weil die Erscheinungen nach Reizung dieser Windung, mit der wichtigen Ausnahme des Ohrenaufstellens, vollständig mit den Reizeffecten der in der Stirngegend gelegenen Stelle 12

übereinstimmen. Ich glaube daher auch, dass dieses „Ohrenspitzen“ ein specielles reflectorisches Zeichen einer subjectiven Gehörswahrnehmung sei, während die anderen Reactionen auf die associirte Thätigkeit eines Centrum hindeuten, welches bei denjenigen Bewegungen betheiligt ist, die für den Ausdruck der Aufmerksamkeit, oder — bei stärkerer Erregung — für den Ausdruck des Erschreckens oder der Ueberraschung charakteristisch sind.

Noch viel bezeichnender sind die Erscheinungen nach Reizung homologer Rindenstellen bei solchen Thieren, deren Lebensweise ihre Sicherheit von der Schärfe ihres Gehörs abhängig macht. Bei der Katze, dem Hunde und dem Schakal stellt die mit 14 bezeichnete Stelle (Fig. 32, 33, 35) an dem hinteren Theile der dritten äusseren Windung denjenigen Rindenabschnitt dar, welcher der obersten Schläfenwindung des Affen physiologisch gleichwerthig ist.

Auch beim Kaninchen finden wir eine entsprechend gelegene Stelle (14, Fig. 36), deren Reizung ähnliche Resultate gibt: Aufstellen des Ohres, häufig auch Wenden des Kopfes und der Augen nach der anderen Seite. Allein beim wilden Schakal und beim furchtsamen Kaninchen beobachten wir nicht bloss ein Aufrichten des Ohres, sondern auch ein rasches Zusammenfahren, gleichsam ein Bereithalten zum Sprunge, um einer Gefahr zu entgehen, wie solches beim Hören lauter oder ungewohnter Töne geschieht.

Bei der Taube macht es die Abwesenheit der Ohrmuscheln schwierig, eine einfache Bewegung als den Reflexausdruck einer Gehörswahrnehmung anzuerkennen, allein die gelegentlich stattfindende Drehung des Kopfes nach der anderen Seite hin bei Reizung in der Scheitelgegend unterhalb und hinter dem Sehcentrum kann in diesem Falle als ein bedeutsames Zeichen gelten.

Wir werden aber, in Ergänzung der durch die Reizsymptome wahrscheinlich gemachten Annahme, dass die oberste Schläfenwindung oder die ihr entsprechenden Hirnregionen bei den niederen Thieren das Hörcentrum darstellen, finden, dass die Resultate der localisirten Zerstörung dieser Windung auf eine Vernichtung des Gehörsinnes, und zwar dieses Sinnes allein, hinweisen.

Das Vorhandensein des Gehörsinnes bei niederen Thieren nachzuweisen und zwischen reinen Reflexactionen in Folge von

Gehörseindrücken einerseits und einer wirklichen Gehörs wahrnehmung andererseits zu unterscheiden, ist wohl noch schwieriger, als eine ähnliche Unterscheidung hinsichtlich der anderen Sinne durchzuführen. Dazu kommt noch die grössere Schwierigkeit, die An- oder Abwesenheit einseitiger Taubheit zu erkennen, indem wir ja nicht im Stande sind, die Schallwellen von einer Seite vollständig abzuhalten. Dies gelingt allerdings bis zu einem gewissen Grade, indem wir das Ohr der gesunden Seite verstopfen; doch dürfen wir dabei nie vergessen, dass die Schallwellen, unabhängig vom Trommelfelle, auch durch den Schädel zugeleitet werden können.

Bei meinen Versuchen am Schläfenlappen konnte allerdings die Läsion häufig nicht auf die oberste Schläfenwindung allein beschränkt werden, und es liessen sich in solchen Fällen die hierher gehörigen Erscheinungen nur auf dem Wege der Exclusion feststellen. Ohne in die detaillirte Beschreibung der einzelnen Experimente hier einzugehen, will ich nur die allgemeinen Resultate wiedergeben. Wenn die gedachte Schläfenwindung allein zerstört wurde, mit sorgfältiger Vermeidung des *Gyrus angularis*, so konnte das Thier so gut wie früher sehen, und die Fähigkeit zur Ausführung von Willensbewegungen blieb erhalten. War die Läsion auf eine Seite beschränkt, umfasste sie aber zugleich die obere Schläfenwindung, so reagierte das Thier noch auf Gehörsreize, wendete den Kopf um, wenn es gerufen wurde: Reactionen, welche jedoch nicht mehr erfolgten, wenn das Ohr auf der Seite der Läsion mit Baumwolle gut verstopft worden war. Ein sehr lauter Ton indessen, der in der Nähe des Ohres erzeugt wurde, machte das Thier stutzen, und es erhob die Augenbrauen; wenn der Fussboden gestossen wurde, fuhr das Thier zusammen. In diesem Falle haben wir es nicht mit einer reinen Gehörsempfindung zu thun, sondern es kommt auch die tactile Empfindung der Erschütterung dazu.

Wenn die obere Schläfenwindung an beiden Seiten zerstört worden war, so antwortete das Thier, abgesehen von anderen nicht hierher gehörigen Erscheinungen, nicht mehr auf derartige akustische Reize, welche sonst in der Regel seine Aufmerksamkeit und active Reactionen erregten, obwohl es sein Bewusstsein im Uebrigen vollständig erhalten hatte und gegen Alles, was seinen Gesichtssinn afficirte, aufmerksam erschien.

Das folgende Experiment wurde in der Absicht ausgeführt, um die Erscheinungen, welche bei bilateraler Zerstörung der obersten Schläfenwindung erfolgen, genau zu begrenzen und die Complicationen, welche durch eine ausgedehntere Zerstörung des Schläfenlappens herbeigeführt werden können, zu vermeiden. Der *Gyrus angularis* der linken Seite war cauterisirt worden, Blind-

Fig. 46.

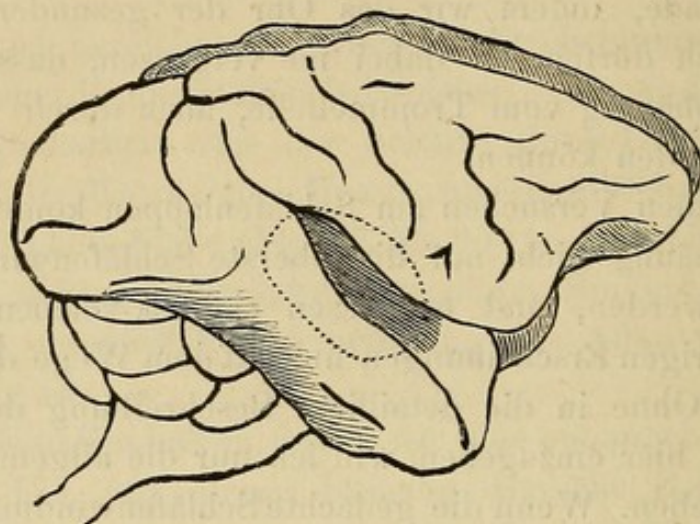
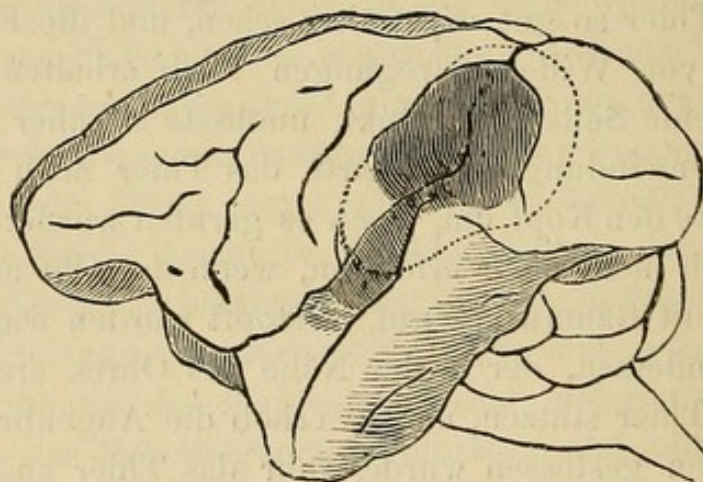


Fig. 47.



Die dunklen Stellen an diesen beiden Figuren entsprechen der Lage derjenigen Rindenverletzungen am Affengehirne, welche auf beiden Seiten Verlust des Gehöres und rechtsseitigen Verlust des Gesichtes verursachen. Die punktirte Linie zeigt die Ausdehnung der freigelegten Gehirnoberfläche an.

heit an der rechten Seite, ohne Affection des Gehöres oder der anderen Sinne, war eingetreten. Nun wurde die oberste Schläfenwindung an beiden Seiten freigelegt und ebenfalls cauterisirt. Die Läsion war, wie die Section ergab, auf die angegebenen Stellen beschränkt (Fig. 46 u. 47). Nachdem sich das Thier von der Operation erholt hatte, waren, wie sich aus verschiedenen

Versuchen ergab, das Gefühl, der Geschmack, der Geruch sowie die Fähigkeit zu Willensbewegungen vollständig erhalten. 24 Stunden nach der Operation konnte das Thier wieder gut sehen, es bewegte sich mit vollkommener Freiheit und Geschicklichkeit, und fand Nahrung und Trank in vollständig normaler Weise. Was das Gehör anbelangt, so schien es bei der Munterkeit des Thieres und der Aufmerksamkeit, welche es gegen Alles um sich herum äusserte, schwierig, ein genügendes Kennzeichen für Vorhandensein oder Fehlen dieses Sinnes zu finden. Ein lauter Ton, welcher in seiner Nähe erzeugt wurde, machte es stutzen; doch dürfen wir dies nicht als Beweis für eine Gehörswahrnehmung zum Unterschiede von einer blossen Reflexaction ansehen. Um nun zu vermeiden, dass seine Aufmerksamkeit durch den Gesichtssinn in Anspruch genommen werde, stellte ich mich hinter die Thüre und beobachtete das Thier durch einen Spalt, während es behaglich beim Feuer sass. Als Alles still war, rief ich es laut, piff, klopfte; allein es richtete seine Aufmerksamkeit nicht auf die Quelle des Tones. Es blieb vielmehr munter und ruhig sitzen und schaute umher. Ich ging nun vorsichtig zu ihm hin, und erst dann bemerkte es meine Annäherung, als ich in den Bereich seines Gesichtsfeldes kam. Da fuhr es zusammen und machte Grimassen, wie beim Erschrecken. Ich wiederholte diesen Versuch, während der Affe ruhig bei anderen Genossen sass, deren Hörvermögen nicht beeinträchtigt war. Diese fuhren bei jedem Schalle zusammen und guckten neugierig umher, um sich über die Ursache desselben zu belehren, während das operirte Thier vollkommen still blieb. Zehn Stunden danach wiederholte ich diese verschiedenen Versuche mit demselben Resultate, wodurch also nachgewiesen ist, dass das Thier, ob es nun noch hören konnte oder nicht, jedenfalls auf Töne, durch welche andere Thiere lebhaft erregt wurden, nicht mehr reagierte. Mehr lässt sich allerdings nicht sagen, ohne dass uns das Versuchsobject persönlich Auskunft gibt; allein ich glaube, dass, wenn wir die beiden Reihen von Versuchen, nämlich die positiven Reactionen bei elektrischer Reizung und das Ausbleiben der auf akustische Reize gewöhnlich folgenden Reactionen nach Zerstörung der obersten Schläfenwindung zusammenhalten — die Localisation des Hörcentrum in dieser Region entschieden nachgewiesen erscheint.

Solche Reactionen, wie sie nach Erzeugung eines lauten

Schalles in unmittelbarer Nähe des Gehörorganes auftreten, dürfen nur als Reflexerscheinungen angesehen werden. Hierher gehört beispielsweise der Versuch von Flourens, wenn er neben dem Kopfe einer ihres Grosshirnes beraubten Taube eine Pistole abfeuerte.

c) Die Ammonshornregion.

§. 67. Ich fasse unter diesem Namen den grossen Seepferd-fuss und den *Gyrus hippocampi* (*Subiculum*) zusammen, indem es unmöglich ist, diese beiden Hirntheile experimentell auseinander zu halten. Eine Läsion, welche genügt, das Subiculum zu zerstören, muss nothwendiger Weise auch den grossen Seepferd-fuss verletzen, und andererseits ist die Zerstörung des letzteren mit vollständiger Schonung der Markfasern des Subiculum nicht ausführbar. Ich werde daher diese beiden Hirntheile unter dem gemeinschaftlichen Namen der Ammonshornregion zusammen abhandeln.

In Anbetracht der tiefen Lage des letztgenannten Gehirntheiles ist es nicht möglich, denselben für die isolirte elektrische Reizung zugänglich zu machen, ohne derartige operative Pro-ceduren vorzunehmen, welche das ganze Experiment ungenau machen würden.

Zerstörung dieser Region vernichtet die Gefühlswahrnehmungen der anderen Körperhälfte, wie sich aus den folgenden Experimenten ergeben wird. Wir dürfen daher erwarten, dass eine Reizung in dieser Gegend Zeichen einer subjectiven Tastempfindung erzeugen wird, ähnlich wie wir dies *ceteris paribus* bei Reizung der Seh- und Hörcentren gesehen haben. Ich habe bereits im früheren Capitel die Aufmerksamkeit auf gewisse Erscheinungen gelenkt, welche in Anbetracht gewisser unvermeidlicher Fehlerquellen allerdings als zweifelhaft angesehen werden müssen, die aber immerhin zu Gunsten dieser Ansicht angeführt werden dürfen.

Bei Reizung der inneren, unteren Fläche des Hinterhauptlappens eines Affen, an einem Punkte, der dem oberen Ende des *Gyrus hippocampi* entspricht, gab das Thier Zeichen von Unruhe und Unbehagen von sich, drehte den Kopf nach der anderen Seite und nach rückwärts, als käme es zum Bewusstsein gewisser unangenehmer Tastempfindungen, hauptsächlich in den contralateralen Extremitäten. Auch bei der Katze, dem Hunde und dem

Schakale wurden gelegentlich ähnliche Erscheinungen beobachtet, wenn die Elektroden an dem hinteren, umgebeugten Ende der Hemisphäre angelegt und besonders dann, wenn die Stellung der Elektroden und die Stärke des Stromes so gewählt wurden, dass eine Reizung der Ammonshornregion leicht stattfinden konnte. Wir haben auch eine ähnliche Erscheinung beim Kaninchen angegeben, wenn die Elektroden an die innere und hintere Fläche der Hemisphäre angesetzt wurden. Man kann allerdings in Anbetracht der ungenauen Localisation des Reizes die Ansicht, welche ich zu vertreten geneigt bin anzweifeln: dass nämlich die besprochenen Erscheinungen den Ausdruck einer Reizung des Tast-centrum darstellen; — allein die Thatsache, dass diese Symptome in fast identischer Weise bei so vielen verschiedenen Thieren auftreten, und zwar bei Reizung von Stellen, die wir als anatomisch homolog ansehen dürfen, unterstützt meine Annahme.

Die Erscheinungen nach localisirter Rindenzerstörung dagegen sind für die exacte Localisation der Tastwahrnehmungen jedenfalls verwendbarer. Nach zahlreichen Versuchen, in welchen ich fast die ganze äussere Oberfläche der Hemisphäre nach und nach zerstört hatte, ohne den Tastsinn zu beeinträchtigen, schien es mir sonderbar, dass ein so wichtiger Sinn nicht wie die anderen sein besonderes Centrum in der Gehirnrinde haben sollte. Ich richtete demnach meine Aufmerksamkeit auf die innere Fläche des Schläfenlappens und trachtete eine Methode ausfindig zu machen, durch welche diese Region erreicht und zerstört werden könnte.

Bei verschiedenen Versuchen, welche ich in der Absicht angestellt hatte, das Centrum für den Gehörsinn, wie die Centren für den Geschmack und den Geruch ausfindig zu machen, wurden tiefe Läsionen im Schläfenlappen an einer oder an beiden Seiten gesetzt. In einigen Fällen, deren Details an anderer Stelle mitgetheilt werden sollen, erschien die tactile Sensibilität herabgesetzt oder vollständig vernichtet, wenn die Zerstörung bis in die Ammonshornregion gedungen war. Dies zeigte sich einerseits durch den Mangel einer Reaction auf Hautreize und andererseits wohl noch deutlicher durch die Thatsache, dass das Thier die betroffenen Glieder nicht mehr zum Zwecke des Tastens oder Ergreifens benutzte, obwohl keinerlei Symptome einer wirklichen motorischen Lähmung vorhanden waren.

Da mir die Untersuchung des Gehirnes in allen diesen

Fällen, in denen der Tastsinn ergriffen war, das Vorhandensein einer mehr oder minder ausgedehnten Verletzung oder vollständigen Zerstörung der Ammonshornregion lehrte, so versuchte ich nun diesen letztgenannten Hirntheil allein, mit Schonung der Windungen an der äusseren Hemisphärenfläche, zu erreichen. Dies schien anfangs kaum ausführbar. Schliesslich gelangte ich jedoch zu einer Methode, bei welcher wenigstens die Complication mit einer Affection der anderen Sinne ausgeschlossen war.

Mein Plan war, an die innere Fläche des Schläfenlappens vom Hinterhaupte aus zu gelangen. Ich hatte mich vorher durch verschiedene Versuche überzeugt, dass Verletzung des Hinterhauptlappens weder die speciellen Sinne, noch die motorischen Fähigkeiten beeinflusse, dass also Läsionen in der Hinterhauptgegend die Resultate einer Zerstörung in der Ammonshornregion nicht beeinträchtigen würden. Durch wiederholte Versuche am todten Thiere lernte ich genau die Richtung kennen, in welcher ein Draht durch die Spitze des Hinterhauptlappens eindringen müsse, um die Ammonshornregion in ihrer ganzen Ausdehnung zu durchbohren. Hierauf erst machte ich mit einem glühenden Drahte zahlreiche Versuche am narkotisirten Thiere mit mehr oder weniger Erfolg, wie die Section ergab. In den gelungenen Fällen fand sich, dass der Draht einen Canal gebohrt und dabei die Windung des Ammonshornes sowie die Hakenwindung zerstört hatte, ohne die Windungen an der äusseren Oberfläche, die Basalganglien, die Hirnschenkel oder die Gehirnnerven zu verletzen, wie die Section, bevor noch secundäre Entzündungserscheinungen auftreten konnten, zeigte (Fig. 48). Es waren demnach die Bedingungen dieses Experimentes derartige, dass es uns genauen Aufschluss über die Erscheinungen einer localisirten Zerstörung der Ammonshornregion geben konnte.

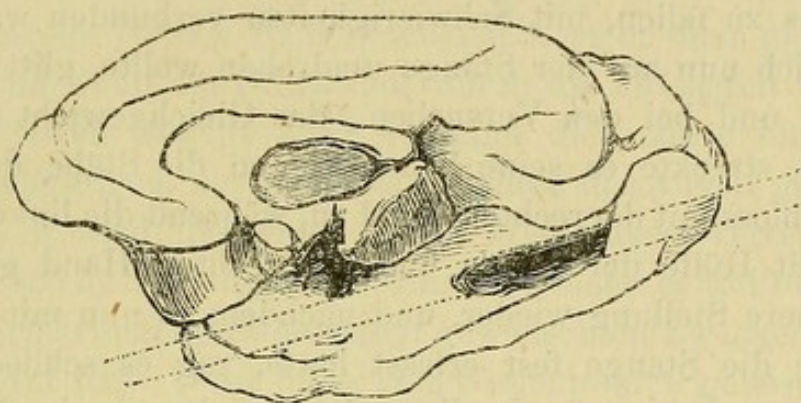
Bei der Entscheidung über das Bestehen oder den Mangel tactiler Wahrnehmungen bestehen dieselben Schwierigkeiten, die wir auch bereits bei den anderen Sinnen getroffen haben, nämlich zwischen einer blossen Reflexaction in Folge der Reizung und einer bewussten Wahrnehmung zu unterscheiden. Flourens äussert sich in dieser Beziehung: „On sent combien il est difficile de discerner le cas où il *touche* du cas où il est simplement touché.“

Diese Schwierigkeiten wohl erkennend, war ich bestrebt, die Versuche so anzustellen, dass sie mir sichere Kriterien zur Unter-

scheidung zwischen diesen beiden möglichen Fällen darboten; dabei legte ich mehr Werth auf jene Thatsachen, welche durch die freiwillige Thätigkeit des Thieres, als durch die blosse Antwort auf Hautreize geliefert wurden.

Der Affe, an welchem der alsbald zu beschreibende Versuch angestellt wurde, war in der Regel linkshändig, indem er die Dinge,

Fig. 48.



Die innere Fläche der rechten Hemisphäre des Affenhirnes.
Die punktirte Linie entspricht dem Stichcanal des Cauteriums, die dunkle Stelle der Läsion, durch welche Verlust der Tastempfindung an der linken Körperseite zu Stande kam.

welche man ihm darbot, meist mit der linken Hand ergriff. Daher zerstörte ich die rechte Ammonshornregion in der Absicht, auf den Tastsinn in jenem Gliede einzuwirken, welches das Thier gewöhnlich gebrauchte.

Nachdem sich der Affe aus der Narcose erholt hatte, zeigten sich Gesicht und Gehör vollständig intact, ferner erschien die Intelligenzthätigkeit so lebhaft und frisch wie früher. Allein cutane Reize, als Stechen, Quetschen oder erhöhte Temperatur, welche an der rechten Körperhälfte angewendet immer lebhaftere Empfindungsausserungen hervorriefen, erzeugten von der linken Seite des Körpers aus in der Regel keine Reactionen, weder seitens der Gesichts- noch der Extremitätenmuskeln. Nur gelegentlich, wenn der Reiz sehr kräftig oder lang andauernd war, reagierte das Thier. Schon dieser so bemerkenswerthe Mangel einer Reaction würde an und für sich mit grosser Sicherheit für die Vernichtung der tactilen Empfindlichkeit sprechen; doch wurde die Anästhesie durch die Motilitätsverhältnisse der linken Glieder vollständig klar nachgewiesen. Es war weder Flaccidität der Muskeln, noch eine Verziehung des Gesichtes, wie bei Hemiplegie, vorhanden; den-

noch wurde der Arm bewegungslos am Körper hängen gelassen und das Bein nach aussen gespreizt oder unregelmässig gestellt; dabei erschien gleichwohl die Controle des Willens über die Glieder bis zu einem gewissen Grade erhalten. Dies ergab sich zufälligerweise im Verlaufe der Beobachtung.

Das Thier versuchte nämlich im Käfig auf eine darin befindliche Sitzstange zu steigen, was in Anbetracht der Tendenz, nach links zu fallen, mit Schwierigkeiten verbunden war. Während es sich nun auf der Stange umdrehen wollte, glitt der linke Fuss aus, und bei den Versuchen, das Gleichgewicht wieder zu gewinnen, streckte es seine Hände gegen die Stäbe des Käfigs, griff aber bloss mit der rechten Hand zu, während die linke unthätig blieb. Mit Hülfe der Zähne und der rechten Hand gewann es seine frühere Stellung wieder, und nachdem es nun mit dem rechten Fusse die Stange fest erfasst hatte, zog es schliesslich das linke Bein auch hinauf. In dieser Stellung konnte das Thier aber nur so lange sicher verbleiben, als es wach war. Sobald es vom Schläfe übermannt wurde, wozu es fortwährend geneigt war, glitt der linke Fuss wieder aus, und der obige Kampf zur Wiedergewinnung des Gleichgewichtes begann von Neuem. Bei allen diesen Vorgängen wurden auch die Glieder der linken Seite häufig bewegt, allein nie beobachtete ich Greifbewegungen oder andere unabhängige Actionen von Seiten der linken Hand oder des linken Fusses. Das Thier kratzte seine rechte Körperhälfte, welche es stark zu jucken schien, mit der rechten Hand, und benutzte dieselbe auch zum Greifen, statt, wie früher, die linke. Es war also nicht eine wirkliche motorische Lähmung vorhanden, welche, wie weiterhin gezeigt werden wird, die Folge ganz anderer Gehirnverletzungen ist, es handelte sich vielmehr hier bloss um eine Lähmung in Folge Verlustes jener Tastempfindungen, durch welche diese Bewegungen geleitet, regulirt werden.

§. 68. Die Versuche von Bell, Magendie und Anderen über die sensorischen Aeste des *Nervus trigeminus* lehren, dass sich durch Verletzung dieser Nerven ein lähmungsartiger Zustand der Gesichtsmuskeln erzeugen lässt, welcher einer wahren motorischen Lähmung so ähnlich ist, dass man zu irrigen Schlüssen über die wirkliche Function des Trigeminus gelangen konnte. Viele bemerkenswerthe Fälle finden sich in der Literatur, die den Einfluss deutlich erkennen lassen, welcher durch Verlust der Tast-

empfindlichkeit auf die Beweglichkeit und das musculäre Contractionsgefühl ausgeübt wird. Wenn aber eine der ersten Folgen tactiler Anästhesie das Aufhören der Willensbewegungen ist, so ist doch die Beweglichkeit der Muskeln nicht wirklich aufgehoben, und sie kann immer noch zum Ausdruck gelangen.

Aber ohne Empfindlichkeit wird ein Glied praktisch nur ein unbelebtes Werkzeug. Seine Stellung, der Contractionszustand seiner Muskeln bleiben dem Bewusstsein mehr oder minder verborgen; und wenn das Glied auch durch die Thätigkeit der motorischen Centren bewegt wird, so kann dies, sowie ein Lenken seiner Bewegungen, nur mit Zuhülfenahme der Augen geschehen; erst dadurch wird das Thier in die Möglichkeit versetzt, seine Glieder in solche Stellungen zu bringen, welche es in Folge seiner früheren Erfahrungen mit gewissen gewünschten Zwecken zu associiren gelernt hat. Wird diese vom Gesichtssinne geleistete Hülfe aufgehoben, so kann die Stellung eines Beines, ohne dass dies dem Thiere zum Bewusstsein gelange, geändert werden, ein in der Hand gehaltener Gegenstand kann herabfallen — und erst durch andere Sinne wird es davon Kenntniss erhalten. Weder eine durch den Willen, noch eine durch den kräftigsten elektrischen Strom hervorbrachte Muskelcontraction wird dem Thiere bewusst. Dieselben Verhältnisse finden wir in dem Zustande der cerebralen Hemianästhesie, bei welchem die tactile Empfindlichkeit gänzlich verloren ist, die Fähigkeit zu Willensbewegungen aber erhalten bleibt. Demeaux¹⁾, Magnan und Andere haben solche Fälle genau mitgetheilt.

Ich führe einen derartigen Fall einer Frau, den Demeaux beschreibt, an: „Sie bewegte ihre Muskeln unter dem Einflusse des Willens, hatte aber kein Bewusstsein von den ausgeführten Bewegungen; sie wusste nicht, in welcher Stellung sich ihr Arm befand; es war ihr unmöglich zu sagen, ob er ausgestreckt oder gebeugt sei. Wenn man ihr auftrug, ihre Hand an's Ohr zu führen, so that sie dies augenblicklich; wenn ich aber meine Hand zwischen die ihrige und ihr Ohr brachte, so wusste sie nichts davon; wenn ich ihren Arm inmitten der Bewegung aufhielt, bemerkte sie es nicht. Wenn ich, ohne es ihr vorher zu sagen, den Arm am Bette festhielt und ihr nun befahl, die Hand zum Kopfe zu führen, so strengte sie sich einen Augenblick an, dann aber wurde

¹⁾ Demeaux, Des Hernies Crurales, Thèse de Paris, 1843.

sie wieder ruhig und glaubte, die Bewegung ausgeführt zu haben. Befahl ich ihr dies von Neuem, indem ich ihr zeigte, dass der Arm ja an seiner Stelle geblieben war, so versuchte sie es mit mehr Kraft, und erst, sobald sie genöthigt war, auch die Muskeln der anderen Körperseite mit in Action treten zu lassen, bemerkte sie, dass man ihren Bewegungen ein Hinderniss entgegensetzte.“

Diese Thatsachen sprechen sehr gegen die Existenz eines Muskelsinnes, welcher unabhängig wäre von den Centren und den Bahnen der von der Haut, den Muskeln, Fascien, Gelenken und Bändern stammenden centripetalen Eindrücke, die alle, wie wir gesehen haben, an der Bildung dieses sogenannten Sinnes Theil haben (vgl. auch §. 75).

Die Erscheinungen, welche nach Zerstörung der Ammons-hornregion auftreten, sind im Gegensatze zu denjenigen, die wir nach Zerstörung des *Gyrus angularis* gefunden haben, so weit ich meine Beobachtungen ausdehnen konnte, dauernder Natur.

Diese Ansicht von der Localisation eines wirklichen Rinden-centrum für die tactilen Wahrnehmungen, unabhängig von der Brücke und den tieferen Ganglien, wird durch klinische und pathologische Erfahrungen beim Menschen allerdings wesentlich bestätigt, doch haben letztere, so weit ich es weiss, die speciellen Centren für den Tastsinn nicht klar gelegt. Durch die Untersuchungen von Türk¹⁾, Charcot²⁾, Raymond³⁾, Veyssière⁴⁾ und Rendu⁵⁾ wurde nachgewiesen, dass Verletzung oder Zerstörung jenes Theiles der inneren Kapsel, welcher nach aussen vom *Thalamus opticus* liegt, Hemianästhesie der anderen Seite nach sich zieht. Besonders Veyssière hat sowohl durch die klinische Analyse, als auch auf dem Wege sorgfältiger Experimente an Thieren, bei welchen er auf geistreiche Weise den hinteren Theil der inneren Kapsel durchtrennte, die Beziehung zwischen diesem Faserzug und der Hemianästhesie nachgewiesen (Fig. 49). Carville und Duret bestätigten seine Resultate. Hier stimmen also

¹⁾ Türk, Ueber die Beziehung gewisser Krankheitsherde des grossen Gehirnes zur Anästhesie. Sitz.-Ber. der k. Akad. zu Wien 1859.

²⁾ Charcot, Le Progrès médical, Aug. 1875.

³⁾ Raymond, Hémianesthésie de Cause Cérébrale, ibid. Juli 1875.

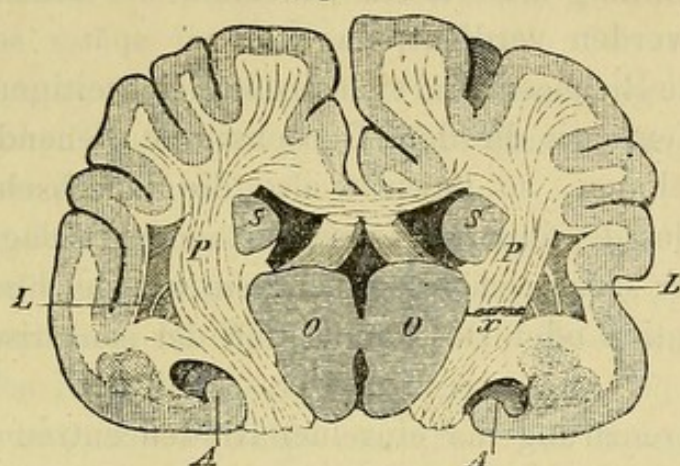
⁴⁾ Veyssière, Rech. cliniques et expérim. sur l'Hémianesthésie de Cause Cérébrale, Thèse de Paris 1874.

⁵⁾ Rendu, Des Anesthésies spontanées, Thèse de Paris 1875.

klinische Erfahrung und Experiment vollkommen überein. Es ist selbstverständlich, dass in diesem Falle die halbseitige Anästhesie nicht durch die Zerstörung des Fühlcentrum selbst, sondern bloss durch die Unterbrechung der von diesem zu den Sinnesorganen führenden Bahnen bedingt wird. Für welchen Theil der Peripherie jedes einzelne der hier gesammelt verlaufenden Faserbündel schliesslich bestimmt ist, lässt sich nicht angeben.

Die eben angeführten Versuche zeigen, dass die cutane Anästhesie, welche nach der genannten Verletzung auftritt, das

Fig. 49.



Frontalschnitt des Hundehirnes durch die *Corpora mammillaria* (Carville und Duret). *OO.* *Thalami optici.* *SS.* Die *Nuclei caudati.* *LL.* Die Linsenkerne. *PP.* Die innere Kapsel. *AA.* Die Ammonshorne. *X.* Schnitt durch den hinteren Theil der Hirnschenkelausbreitung, welcher Hemianästhesie verursacht.

Resultat einer Unterbrechung solcher centripetaler Bahnen ist, welche gegen die Ammonshornregion hinziehen.

Allein ausser der cutanen Anästhesie sind noch andere Erscheinungen vorhanden, die sehr entschieden für die am Affengehirne nachgewiesenen sensorischen Localisationen sprechen. Das Sehen wird in der Regel gestört oder sogar gänzlich aufgehoben, und zwar auf Seite der cutanen Anästhesie; das Sehfeld ist bedeutend verengert, die Farbenunterscheidung hat gelitten. Diese vollständig auf die eine — der Gehirnläsion entgegengesetzte — Seite beschränkte Sehstörung ist keine Hemioapie, sondern eine reine Amblyopie oder Amaurose. Es stehen demnach die klinischen Erfahrungen auch in dieser Beziehung mit den Versuchsergebnissen am Affen in vollem Einklange.

Veyssièrre konnte in seinen Versuchen an niederen Thieren nicht mit Sicherheit nachweisen, ob neben der cutanen Anästhesie

an der anderen Körperseite auch irgend welche Sehstörungen vorhanden waren.

Diese Symptome, welche bei Unterbrechung des hinteren Theiles der Hirnschenkelausbreitung auftreten, sind mit denjenigen identisch, welche auch in der hysterischen oder in der alkoholischen Hemianästhesie (vgl. Magnan¹⁾) beobachtet werden. Es erscheinen ausser der tactilen Empfindlichkeit alle Arten der speciellen Sinneswahrnehmungen an der entgegengesetzten Körperhälfte ergriffen. Auch der Geruch wird an derselben Seite wie die Tastempfindung afficirt, ein Umstand, der deshalb besonders erwähnt zu werden verdient, da, wie wir später sehen werden, das eigentliche Riechcentrum sich an der gleichseitigen Hemisphäre befindet. Wenn wir die dem Geruchssinne dienenden Leitungsbahnen ausnehmen, so bewirkt also die Durchschneidung des hinteren Theiles der inneren Kapsel mit einem Schlage eine Unterbrechung aller sensorischen Bahnen; sie ist gleichbedeutend mit einer Exstirpation oder Desorganisation der sensorischen Rindencentren.

Die Differenzirung der einzelnen Rindencentren nach den verschiedenen speciellen Sinnesempfindungen kommt schliesslich durch eine Zusammenstellung der gleichartigen, aus der inneren Kapsel in die Hirnrinde strahlenden Fasern zu Stande. Wenn wir vorderhand auch eine genaue Localisation der speciellen Sinnescentren an der menschlichen Hirnrinde abwarten müssen — was meiner Meinung nach übrigens nur eine Frage der Zeit und der sorgfältigen Beobachtung sein kann — so dürfen wir doch die Thatsache der Hemianästhesie aus cerebraler Ursache als den ersten Schritt zu diesem Ziele ansehen.

d) Der *Gyrus uncinatus* und seine Umgebung.

§. 69. Die hier anzuführenden Versuche werden uns zeigen, dass die eben genannten Rindengegenden die Centren für den Geruch und den Geschmack enthalten; da es mir aber nicht gelungen ist, diese beiden Centren genügend gegen einander abzugrenzen, so sollen sie gemeinschaftlich abgehandelt werden. Die anatomische

¹⁾ Magnan, Gazette Hebdomadaire, Nov. 1873.

Verbindung, welche zwischen dem *Tractus* (oder *Gyrus*) *olfactorius* und der Spitze des Schläfenlappens (oder dem *Uncus*) besteht, wie sie sich am Gehirne des Kaninchens, des Hundes, der Katze etc. deutlich erkennen lässt, weist schon auf eine physiologische Beziehung dieser Region zu dem Geruchssinne hin. Beim Affen und ganz besonders beim Menschen ist die directe Verbindung der äusseren Wurzel des verhältnissmässig kleinen *Tractus olfactorius* mit dem Schläfenlappen weniger in die Augen springend. Es ist aber der Ursprung dieser äusseren Riechwurzel aus dem *Uncus* auch für den Menschen durch mikroskopische Untersuchung nachgewiesen.

Die Resultate der elektrischen Untersuchung bestärken die auf anatomische Thatsachen gegründete Anschauung von der Bedeutung dieser Rindenpartie.

Reizung des *Gyrus uncinatus* (15) ergab beim Affen, Hunde, bei der Katze, sowie beim Kaninchen die gleichen Resultate, nämlich eine eigenthümliche Verdrehung der Lippen und theilweisen Verschluss des Nasenloches an derselben Seite. Wir können diese Reaction als den reflectorischen Ausdruck der Erregung einer intensiven, subjectiven Geruchswahrnehmung betrachten; denn die gleichen Erscheinungen erfolgen, wenn wir einen kräftigen oder unangenehmen Geruch direct gegen die Nasenschleimhaut wirken lassen. In der Regel beschränkte sich die Reaction auf das Nasenloch derselben Seite; nur beim Kaninchen pflegte sie an beiden Seiten gleichmässig aufzutreten. Diese gleichseitige Wirkung stimmt zu der anatomischen Thatsache, dass die *Tractus olfactorii* ohne vorherige Kreuzung an die gleichseitige Hemisphäre treten.

Ein Riechchiasma soll, wie dies Meynert meint, in der vorderen Commissur bestehen. Sie enthält allerdings Fasern, welche von einem *Bulbus olfactorius* zum anderen verlaufen, was bei solchen Thieren, deren *Bulbus* mehr ausgebildet, deutlicher zu erkennen ist; sie führt ausserdem Fasern, die von einem Subiculum zu dem der anderen Seite verfolgt werden können, welche also die beiden Riechcentren mit einander verbinden.

Enthielte die vordere Commissur aber eine wirkliche Kreuzung, in welcher die dem Geruchssinne dienenden Bahnen die Mittellinie überschreiten, um zu der Hemisphäre der anderen Seite zu gelangen, dann müsste Durchschneidung der vorderen Commissur die Geruchsempfindlichkeit an beiden Seiten aufheben.

Das Gleiche müsste aber auch eintreten, wenn der *Gyrus uncinatus* auf der einen Seite vollständig zerstört würde; indem ja dadurch nicht bloss das Rindencentrum für den *Tractus olfactorius* der anderen Seite vernichtet, sondern auch die Verbindung des gleichseitigen Olfactorius mit der anderen Hemisphäre unterbrochen würde. Wir werden aber sehen, dass nach Zerstörung eines *Gyrus uncinatus* der Geruch nicht an beiden Seiten vernichtet, sondern nur an der einen, der Läsion entsprechenden Seite geschwächt oder aufgehoben wird; diese Thatsache beweist also, dass in der vorderen Commissur eine Kreuzung der dem Geruchsinne dienenden Bahnen nicht stattfinden kann.

Weder die inneren Riechwurzeln, welche an beiden Seiten in den frontalen Theil des *Gyrus fornicatus* übergehen, noch die äusseren Wurzeln, welche zum Uncus gelangen und dann auf dem Wege des Fornix mit dem *Thalamus opticus* zusammenhängen, gehen eine Kreuzung ein; es gibt keine anatomische Thatsache, welche eine gekreuzte Verbindung zwischen dem *Bulbus olfactorius* und seinem Rindencentrum nachweisen würde.

Obwohl nun das vordere Ende des Schläfenlappens allerdings dem Experimente behufs isolirter elektrischer Reizung zugänglich gemacht werden kann, so sind die zu seiner vollständigen Freilegung nothwendigen Verletzungen doch so schwerer Natur, dass, wenn man auf solche Weise die Zerstörung dieses Gehirntheiles vornehmen wollte, eine fortgesetzte Beobachtung mit verlässlichen Resultaten kaum möglich wäre.

Ich habe es demnach auch nicht versucht, den Uncus für sich allein genau zu zerstören, sondern habe diese Operation von einer leicht zugänglichen Stelle aus unternommen, wobei allerdings mehr oder minder beträchtliche Verletzungen anderer Schläfenwindungen nothwendigerweise mit stattfinden mussten. Wir haben aber bereits früher durch zahlreiche Versuche verschiedene sensorische Centren kennen gelernt, die complicirten Erscheinungen bei ausgedehnteren Läsionen des Schläfenlappens analysirt und die einzelnen Symptome auf dem Wege der Exclusion auf ihre specielle Ursache zurückgeführt. Nach dieser Methode wurden die Centren für das Gesicht, Gehör und Gefühl genau bestimmt und umschrieben. Es bleibt uns daher noch die Aufgabe, die Centren für den Geruch und den Geschmack ebenso festzustellen.

Im ersten diesbezüglichen Versuche hatte ich den unteren Theil des linken Schläfenlappens grösstentheils zerstört; der Substanzverlust erstreckte sich bis zu dem Seepferdefusse und dem *Gyrus hippocampi*, dessen freie Oberfläche übrigens nicht zerstört erschien. Es waren also die von dem unteren Ende des Schläfenlappens ausgehenden Bahnen unterbrochen und in beträchtlichem Grade, wenn auch nicht vollständig, zerstört. Da die oberste Schläfenwindung verletzt war, so erschien das Gehör rechterseits vermindert oder vielleicht gänzlich aufgehoben. Die Reaction auf Essigsäuredämpfe erfolgte von dem linken Nasenloche aus weniger deutlich als vom rechten, ohne aber gänzlich zu mangeln. Hinsichtlich des Geschmackes war in Folge der Diffusion der auf die Zunge gebrachten Substanzen kein entschiedenes Resultat zu erlangen, doch schien er an der rechten Zungenhälfte vermindert zu sein. Während das Sehen nicht beeinträchtigt war, konnte man eine Abschwächung der tactilen Empfindlichkeit an der rechten Seite bemerken, welche auf die fortschreitende Erweichung des Ammonshornes zurückzuführen war.

In einem zweiten ähnlichen Versuche an der linken Seite drang die Läsion so tief, dass das Ammonshorn in beträchtlichem Grade zerstört und die Spitze des Schläfenlappens von dem übrigen Gehirne fast vollständig abgetrennt wurde. Gleichzeitig fand sich auch die obere Schläfenwindung zerstört. Das Hören war, wie sich aus dem Mangel einer Reaction bei verstopftem, linkem Ohre ergab, rechterseits aufgehoben; die tactile Empfindlichkeit der rechten Seite zeigte sich anfangs vermindert und späterhin fast gänzlich vernichtet, während das Sehen unbeeinträchtigt blieb. Diese Erscheinungen erklären sich aus der Verletzung der obersten Schläfenwindung sowie der Ammonshornregion, und aus der Intactheit des *Gyrus angularis*. Der Geschmack wurde in Anbetracht der Schwierigkeit, einseitige Alterationen genau zu erkennen, nicht untersucht. Hinsichtlich des Geruches, welcher noch vor dem vollständigen Verluste der Tastwahrnehmungen untersucht wurde, schien folgender Umstand für eine Abschwächung oder für gänzlichen Verlust zu sprechen. Wenn ich dem Thiere ein Stück Apfel anbot, nahm es dasselbe, roch daran und begann zu essen. Hierauf wurde das rechte Nasenloch sorgfältig mit Baumwolle verstopft und dem Thiere abermals ein Stück Apfel gereicht. Es nahm nun den Apfel,

zögerte aber ihn zu essen, führte ihn wiederholt zur Nase und versuchte, augenscheinlich ohne Erfolg, daran zu riechen; dies zeigt deutlich, dass der Geruch an der linken Seite afficirt war.

In einem dritten Falle wurden die Schläfenlappen der Quere nach an beiden Seiten durchgeschnitten, und die Gehirnmasse unterhalb des Schnittes mittelst des Cauteriums zerstört. Dass die tactile Empfindlichkeit nach und nach an beiden Seiten, besonders aber rechts, beeinträchtigt wurde, hängt mit der beiderseits, vorzüglich aber links ausgeprägten Erweichung des Ammonshornes zusammen. Essigsäure verursachte, wenn sie vor die Nasenlöcher gehalten oder in den Mund gebracht wurde, keinerlei Reaction; hingegen reagirte das Thier, sobald die Essigsäure direct an die Nasenschleimhaut applicirt wurde, wegen Reizung der sich daselbst verzweigenden Trigeminafasern. In diesem Falle zeigten sich also Geruch und Geschmack in Folge der Läsion der Schläfenlappenspitze afficirt.

Das folgende Experiment, bei welchem die Verletzung soviel als möglich auf die in Rede stehende Gegend beschränkt wurde, ist hinsichtlich des Geschmacks- und Geruchssinnes noch entscheidender.

Es wurden in diesem Falle die obere und die mittlere Schläfenwindung in genügender Ausdehnung freigelegt, um die Einführung eines Cauteriums nach vorne und unten zu gestatten, und so den unteren Theil des Schläfenlappens zu zerstören. Die Nekroskopie lehrte, dass dies vollkommen gut gelungen war. Der *Gyrus uncinatus* und die benachbarten Theile des Schläfenlappens waren an beiden Seiten, und links auch der *Pes hippocampi* zerstört (vgl. Fig. 50 und 51).

In Folge der einseitigen Verletzung des Ammonshornes war die tactile Empfindlichkeit an der rechten Körperhälfte (mit Einschluss des Gesichtes und der Extremitäten) verloren gegangen, das Thier benutzte seine rechten Glieder nicht mehr und reagirte nicht auf Reize, welche an der linken Seite activ beantwortet wurden. Das Sehen erschien normal.

Weder bei Anwendung von Coloquinthen oder Aloe, noch von Citronen- oder Essigsäure, welche unter normalen Verhältnissen beim Affen leicht Erscheinungen von Missbehagen hervorrufen, konnten von der Zunge aus die geringsten Reactionen bemerkt werden. Auch wenn die Essigsäure vor die Nasenlöcher

gehalten wurde, erfolgte keine Reaction. Brachte man sie aber mittelst einer Feder direct an die Nasenschleimhaut, so liess sich ein auffallender Unterschied zwischen der rechten und der linken Seite constatiren. Von ersterer aus — welche ja gleichzeitig anästhetisch war — wurden keinerlei Erscheinungen ausgelöst. Kam die Essigsäure aber in Berührung mit der Nasenschleimhaut

Fig. 50.

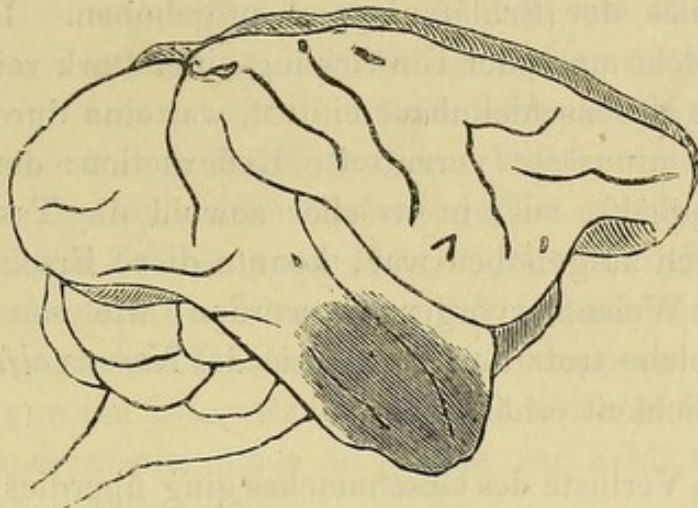
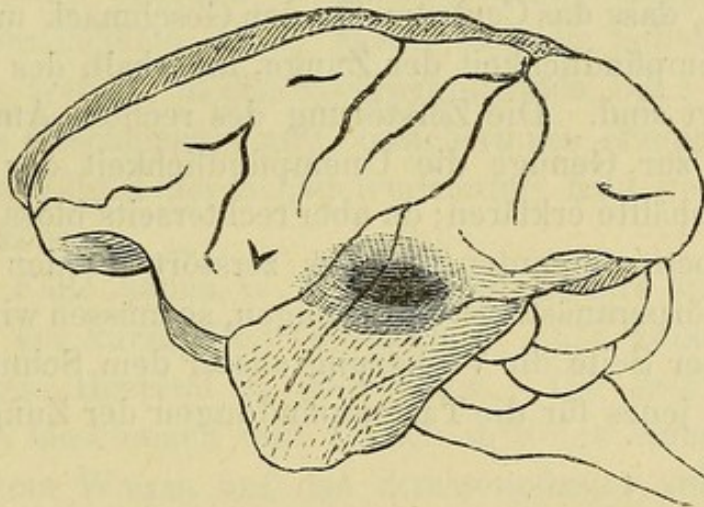


Fig. 51.



Verletzungen beider Hemisphären des Affengehirnes, welche Verlust des Geschmackes und Geruches verursachen. In der rechten Hemisphäre (Fig. 50) entspricht die schattirte Stelle der Ausdehnung der Rindenzerstörung. An der linken Hemisphäre (Fig. 51) zeigt der dunkle Schatten die oberflächliche Ausdehnung der Wunde an, während die punktirten Linien den Umfang der innerlichen Zerstörung des Schläfenlappens angeben.

der linken Seite, so erfolgte zwar keine motorische Reaction, allein es trat eine copiose Thränenabsonderung ein, vornehmlich im linken Auge.

Wiederholte, sorgfältige Versuche bestätigten dieses Resultat. Ausserdem erschien aber die Zunge nicht bloss für Geschmacks-

reize im engeren Sinne, sondern auch für cutane Reize unempfindlich. Während das Thier im leichten Schlafe lag und die Zunge ein wenig zwischen den Zähnen hervorstreckte, war dieselbe gegen Application von Hitze vollständig unempfindlich. Wurde aber die linke Hand auf die gleiche Weise gereizt, so erwachte das Thier augenblicklich und zog die Hand rasch zurück. Jedenfalls erschienen also Geruch und Geschmack nach Zerstörung des unteren Theiles der Schläfenlappen aufgehoben. Die Thränensecretion, welche nach der Einwirkung einer stark reizenden Substanz auf die Nasenschleimhaut eintrat, war eine durch die sensorischen Trigeminasäste vermittelte Reflexaction: denn von derjenigen Nasenhälfte aus, in welcher sowohl die Tastempfindung als der Geruch aufgehoben war, konnte diese Erscheinung nicht in derselben Weise hervorgerufen werden, wie von der anderen Seite aus, welche trotz der Anästhesie des *Nervus olfactorius* ihre Tastempfindlichkeit erhalten hatte.

Mit dem Verluste des Geschmackes ging überdies auch cutane Anästhesie der Zunge Hand in Hand, eine Thatsache, welche dafür spricht, dass das Centrum für den Geschmack und dasjenige für die Tastempfindlichkeit der Zunge, innerhalb des Grosshirnes innig associirt sind. Die Zerstörung des rechten Ammonshornes würde wohl zur Genüge die Unempfindlichkeit der gesamten linken Körperhälfte erklären; da aber rechterseits bloss der unterste Theil des eben genannten Organes zerstört worden war, ohne allgemeine Körperanästhesie zu erzeugen, so müssen wir annehmen, dass auf dieser Seite die Verletzung ausser dem Schmeckcentrum speciell auch jenes für die Tastempfindungen der Zunge getroffen hatte.

§. 70. Keines der angeführten Experimente erlaubt uns, die für den Geschmacks- und Geruchssinn bestimmten Centren gegen einander abzugrenzen. Es können aber andere Betrachtungen, welche sich hauptsächlich auf den Effect der elektrischen Reizung stützen, dazu dienen, das Riechcentrum genauer zu localisiren. Elektrische Reizung des Uncus bewirkt Erscheinungen, welche mit einer Geruchswahrnehmung in innigem Zusammenhange stehen, und demgemäss können wir gerade diese Gegend für den Geruchssinn in Anspruch nehmen. Es zeigt sich auch, dass dieser Gehirntheil an Thieren mit besonders ausgebildetem

Geruchsinne, z. B. bei dem Hunde, der Katze und dem Kaninchen, in hohem Grade entwickelt ist.

Hinsichtlich des Geschmackes scheinen mir die Reactionen, welche eintreten, wenn beim Affen der untere Theil der mittleren Schläfenwindung gereizt wird: Bewegungen der Lippen, der Zunge und der Backentaschen, bedeutsam zu sein und für den Ausdruck von Reflexbewegungen in Folge eines Geschmacksreizes gelten zu dürfen. Verlust des Geschmackes trat ein bei Zerstörung von Gehirntheilen, welche in inniger Beziehung zum *Gyrus uncinatus* stehen. Es ist ferner wahrscheinlich, dass die Bewegungen der Kiefer, welche wir bei der Katze bemerkten, wenn der Schläfenlappen hinter der Sylvischen Furche gereizt wurde (§. 56), auch nur reflectorische Zeichen einer Geschmackswahrnehmung waren.

Die Localisation der Riech- und Schmeckcentren nahe neben einander im unteren Theile des Schläfenlappens erhält einerseits durch gewisse interessante klinische Fälle eine weitere Bestätigung, andererseits dient sie gerade zur Erklärung mancher eigenthümlicher Fälle.

Es ist eine bekannte Thatsache, dass Schläge gegen den Schädel hauptsächlich dann, wenn sie den Scheitel oder das Hinterhaupt treffen, häufig vorübergehenden oder andauernden Verlust des Geschmacks- und Geruchssinnes erzeugen, während die nächsten Folgen der Schädelverletzung bald vollständig verschwinden können.

Solche Fälle haben W. Ogle¹⁾ und Andere angeführt. Ich selbst hatte vor kurzer Zeit Gelegenheit, einen ähnlichen Fall im Kings College Hospital zu beobachten. Der fragliche Kranke hatte seinen Geschmack und Geruch in Folge eines Sturzes auf den Kopf vom Wagen auf das Strassenpflaster vollständig verloren. Mit Ausnahme der Anosmie und der Ageusie waren alle schlimmen Folgen dieses Sturzes längst verschwunden. Ogle ist geneigt, in derartigen Fällen den Verlust des Geschmackes einfach auf den Verlust des Geruches, welcher Sinn einen wesentlichen Factor bei der Unterscheidung so mancher Geschmacksempfindungen bildet, zurückzuführen. Allein diese Auffassungsweise ist für den Kranken, welchen ich beobachtete, nicht anwendbar, denn die Geschmacksempfindlichkeit fehlte auch vollständig für

¹⁾ W. Ogle, Med. Chir. Transactions 1870.

das Süsse und Bittere. Es mangelten also auch die reinen, eigentlichen Geschmackswahrnehmungen. Essigsäure wurde nicht empfunden, dagegen verursachte Ammoniak eine stechende, prickelnde Empfindung in der Nasenschleimhaut und reichliche Thränenabsonderung, aber nicht jenes rasche Zurückziehen des Kopfes, wie dies bei einem normalen Individuum beobachtet wird. Unter der fortgesetzten Behandlung besserte sich der Geschmack, so dass der Kranke Süss und Bitter, sowie den Geschmack von Rinds- und von Hammelbraten deutlich unterscheiden konnte. Dabei blieb aber der Geruch vollständig vernichtet; es war also die Rückkehr der Geschmacksempfindlichkeit nicht mit einer Besserung des Geruches Hand in Hand gegangen.

Was die Ursache dieser Symptome betrifft, so erscheint es mir im höchsten Grade unwahrscheinlich, dass ein Schlag gegen den Schädel gleichzeitig einen Riss so weit auseinander liegender Nerven, als des Olfactorius und der Geschmacksnerven, speciell des Glossopharyngeus, nach sich ziehen könnte. Ogle hat allerdings auf die wahre Ursache dieser Erscheinungen, nämlich auf die Verletzung gewisser Hirntheile durch Contrecoup hingewiesen; allein er führt die Symptome auf eine Ruptur der Geruchsnerven in ihrem Verlaufe vom Bulbus durch die Siebbeinlöcher zur Nasenschleimhaut zurück. Dies würde zwar den dauernden Verlust des Geruches erklären, aber nicht zusammentreffen mit den Fällen einer Heilung und mit der unzweifelhaften Unabhängigkeit, in welcher zuweilen der Verlust des Geschmackes und der des Geruches von einander stehen. Ich führe meistentheils die Erscheinungen auch auf eine Verletzung durch Contrecoup zurück, allein die Läsion suche ich im unteren Theile des Schläfenlappens, wo sich die Centren für den Geschmack und den Geruch in unmittelbarer Beziehung zu einander befinden. Die Läsion kann von dauernder oder vorübergehender Natur sein, und dem entsprechend werden auch die Symptome bleiben oder verschwinden.

Eine weitere, interessante Bestätigung für die Localisation des Geruchssinnes in dieser Gegend und für die wichtige Thatsache, dass dieses Centrum in ungekreuzter Beziehung zur Peripherie stehe, wird durch das nicht seltene Zusammentreffen einseitiger Anosmie mit Aphasie und rechtseitiger Hemiplegie geliefert. Zwei derartige Fälle führt Ogle an, einer wird von

Fletcher und Ransome¹⁾ mitgeteilt und mehrere andere veröffentlichte Hughlings-Jackson²⁾.

Da in diesen letztgenannten Fällen die Gehirnläsion unzweifelhaft in der Nähe der Insel und des Randes der Sylvischen Furche zu suchen ist, so haben wir in der Ausbreitung der secundären Erweichung bis zum Uncus eine genügende Erklärung für das Zusammentreffen dieser Erscheinungen. In allen erwähnten Fällen wurde die Anosmie an derselben Seite beobachtet wie die Gehirnläsion, welche die Aphasie und die rechtsseitige Lähmung bedingte.

Wie haben wir uns aber dann die Erscheinungen zu erklären, welche wir bei der cerebralen Hemianästhesie beobachteten? In diesem Falle sahen wir den Geruch an derselben Seite verloren gehen, an welcher die cutane Unempfindlichkeit bestand, also der Gehirnläsion entgegengesetzt. Die Erklärung dafür wird uns meines Erachtens durch die wohlbekannten Untersuchungen von Magendie³⁾ über die Functionen des fünften Nervenpaares geliefert. Magendie fand nämlich, dass der Geruch auch verloren ging, wenn in Folge der Durchschneidung der sensorischen Trigeminiäste die Sensibilität in der Nasenschleimhaut vollständig abhanden gekommen war. Diese Versuche beweisen aber nicht, dass der *Nervus trigeminus* ein eigentlicher Geruchsnerv ist, sondern nur, dass seine Integrität eine nothwendige Bedingung bildet für die normale Leistungsfähigkeit der Geruchsnerven.

In einem von Magnan mitgetheilten Falle nahm der Geruch progressiv mit der Verminderung der Tastempfindlichkeit in der Nase ab und verschwand *pari passu* mit dieser. Es war also der Verlust des Geruches in diesem Falle auf dieselbe Weise zu erklären, wie bei directer Durchschneidung der sensorischen Trigeminiäste. Dagegen zeigte sich, dass, nachdem die Tastempfindung in der Nase bereits gänzlich verloren schien, Essigsäuredämpfe noch lebhaft Thränenabsonderung hervorriefen, wodurch also erwiesen wird, dass gewisse centripetale Nervenfasern in der Nasenschleimhaut noch functionell thätig waren, und zwar wahrscheinlich

¹⁾ Brit. med. Journ. April 1869.

²⁾ London Hosp. Rep. Vol. I.

³⁾ Magendie Leçons sur les fonctions et les maladies du Système nerveux. Tome II.

gerade die Olfactoriusverzweigungen, welche aber in Anbetracht des Verlustes der allgemeinen Empfindlichkeit allein nicht mehr im Stande waren, Geruchseindrücke weiter zu leiten. Bei dem Affen, bei welchem die tactile und die Geruchsempfindlichkeit in einer Nasenhälfte durch die Gehirnverletzung verloren gegangen waren, konnte mit Essigsäure keine Thränenabsonderung bewirkt werden. In der anderen Nasenhälfte, in welcher die Tastempfindlichkeit noch zurückgeblieben, der Geruch aber verloren war, konnte durch Essigsäure die Thränenabsonderung angeregt werden. Es handelte sich also im letzteren Falle um eine Reflexaction durch den *Nervus trigeminus*, womit ja nicht ausgeschlossen ist, dass eine ähnliche reflectorische Beziehung auch zwischen dem *Nervus olfactorius* und den secretorischen Nerven der Thränendrüse besteht. Eine solche Beziehung erklärt uns genügend die Thränenabsonderung im Falle von Magnan.

e) Die Hinterhauptlappen.

§. 71. Die elektrische Rindenreizung hat niemals Resultate geliefert, welche im Stande wären, die Function der Hinterhauptlappen beim Affen zu erklären. Die zahlreichen von mir unternommenen Versuche blieben bezüglich deutlicher Reactionen immer negativ; und obwohl sich am Gehirne des Hundes, der Katze u. s. w. eigentliche Hinterhauptlappen nicht unterscheiden lassen, so glichen doch die occipitalen Regionen des Gehirnes bei diesen Thieren in physiologischer Beziehung, was den Mangel an Reactionen auf elektrische Reizung betrifft, den Hinterhauptlappen des Affen.

Auch die Folgen einer umschriebenen Zerstörung der Occipitallappen vermögen kaum die physiologische Bedeutung dieses Gehirnthheiles klar zu legen. In negativer Beziehung hingegen liefert uns die erwähnte Untersuchungsmethode Thatfachen von grösster Bedeutung. In fünf Fällen, in welchen ich die Hinterhauptlappen mehr oder minder vollständig an beiden Seiten zerstört oder auch manchmal *en masse* entfernt hatte, zeigten sich trotz der bedeutenden Verletzung alle motorischen Fähigkeiten der Thiere, und mit Ausnahme des Gesichtes (welcher Umstand auf andere Ursachen zurückzuführen ist) auch alle speciellen Sinne unbeeinträchtigt. Einige Thiere, welchen die Hinterhauptlappen in einer Linie,

nahe an dem hinteren Rande des *Gyrus angularis*, abgetrennt worden waren, litten vorerst an einer Schwäche des Gesichtes und wurden schliesslich ganz blind. In diesen Fällen zeigte es sich, dass durch die Abtrennung mittelst des Cauteriums und die darauf folgende entzündliche Erweichung in Verbindung mit dem Vorfalle der Schnittfläche, in sehr beträchtlichem Grade der *Gyrus angularis*, welcher, wie wir wissen, das Centrum der Gesichtswahrnehmungen ist, ergriffen oder auch gänzlich zerstört worden war.

Wenn wir diese Complication ausschliessen, so können wir sagen, dass die Entfernung der Hinterhauptlappen ohne jeden Einfluss auf die Motilität oder Sensibilität ist. Ebenso bleiben auch die Circulation und die Respiration vollständig normal. Dieser auffallende Mangel an Erscheinungen auf allen Gebieten macht es schwierig, dem Hinterhauptlappen eine bestimmte physiologische Bedeutung zuzuweisen.

Dennoch blieb die Entfernung dieses Gehirntheles nicht ohne jeden Einfluss auf den körperlichen und geistigen Zustand des Thieres, so dass uns immerhin wichtige Thatsachen zur Aufstellung einer Hypothese über seine Function zu Gebote stehen. Es mag sonderbar und fast unglaublich erscheinen, dass so schwere Operationen, wie das Trepaniren des Schädels, das Freilegen und Entfernen beträchtlicher Theile der Hirnsubstanz im Allgemeinen nur sehr geringe Störungen im körperlichen Allgemeinbefinden der Thiere hervorrufen. Im Verlaufe von wenigen Stunden nach der Operation essen, trinken, und erscheinen die Thiere wieder völlig normal mit Ausnahme der speciell von der betreffenden Verletzung abhängigen sensorischen und motorischen Erscheinungen. Dieser Zustand dauert so lange an, bis der entzündliche Process weiter um sich greift, und es können Tage vergehen, bevor die Störungen einen solchen Grad erreicht haben, dass das Wohlbefinden des Thieres und sein Appetit wesentlich geschädigt erscheinen. Ich habe im Verlaufe meiner Untersuchungen die verschiedensten Theile der Hemisphären exstirpirt, aber niemals solche Erscheinung hinsichtlich des Nahrungsbedürfnisses gefunden, als dies einzig bei Zerstörung der Hinterhauptlappen der Fall war. Wir dürfen dies nicht etwa auf die Schwierigkeit der Operation zurückführen, denn die Entfernung der Hinterhauptlappen kann jedenfalls leichter ausgeführt werden, als die Zerstörung der meisten sensorischen Centren. Die Entfernung der Stirnlappen ist gewiss eine höchst eingreifende

Operation, wohl noch eingreifender als Zerstörung der Hinterhauptlappen; dennoch behält das Thier im ersten Falle seinen Appetit, es isst und trinkt anscheinend mit demselben Vergnügen wie früher. Aber nach Entfernung oder Zerstörung der Hinterhauptlappen ist das Verlangen nach Nahrung verloren gegangen, ja die Thiere weisen das zurück, was sie früher mit grösster Gier frassen. Ich habe mich davon bei verschiedenen Thieren und auf mannigfaltige Weise überzeugt. Dabei bleibt aber das Bedürfniss nach Trank lebendig, denn nahezu alle meine Versuchsthiere tranken dargebotenes Wasser, oder suchten es selbst auf, während ich sie nicht zum Fressen bewegen konnte. Mit dieser Nahrungsverweigerung besteht in der Regel gleichzeitig auch ein gewisser Zustand von Depression und Apathie, und in der Regel gehen die Thiere rasch zu Grunde.

Ein sehr bemerkenswerther Ausnahmefall scheint auf den ersten Blick alle Schlüsse, welche aus den anderen Versuchen über die Bedeutung der Occipitallappen gezogen werden könnten, umzustossen. Dieses Thier, an welchem ich die Hinterhauptlappen in einer Linie, die vertical durch das vordere Ende des oberen *Sulcus occipitalis* (Fig. 26, o) ging, abgetragen hatte, erholte sich vollständig. Es war das einzige Mal, dass ich dies nach der in Rede stehenden Operation beobachtete. Dieses Thier verweigerte gleich den anderen in dieser Weise operirten zu essen, allein es trank gelegentlich. Diese Nahrungsverweigerung dauerte fünf Tage lang, während welcher das Thier bloss ein oder zwei Stückchen einer Orange, die ich ihm anbot, aussog, aber alle übrigen von ihm früher geliebten Speisen zurückwies. Es lief unterdessen mit einem anderen Affen herum, für den es sich selbst als Protector aufgestellt hatte, indem es unverkennbare Zeichen von Zorn gab, wenn Jemand seinen Schützling zu berühren suchte.

Am Ende des fünften Tages, nach zahlreichen Versuchen mit den verschiedenartigsten Nahrungsstoffen, gab ich ihm eine kalte Kartoffel. Es nahm sie, roch einige Male daran, und schliesslich — gleichsam als ob ein neuer Gedanke in ihm aufgestiegen wäre — begann es, sie mit grossem Behagen zu verzehren. Von dieser Zeit fing es an, regelmässig Nahrung zu nehmen, und erholte sich. In seinem psychischen Verhalten konnte nur eine gewisse Apathie, eine allgemeine Gleichgültigkeit bemerkt werden, während es früher ein lebhaftes, intelligentes Thier gewesen war.

Es bestand auch ein merklicher Grad von Sehstörung, welcher allerdings nicht hinreichte, um es in seinen Bewegungen zu hindern, sich aber durch eine ungenaue Abschätzung der Entfernungen äusserte. Bei der Section fand sich auch eine theilweise Affection der *Gyri angulares*.

Die genaue Beobachtung der bei Zerstörung verschiedener Rindenpartien auftretenden Erscheinungen hat mich, trotz dieses einen Falles von Genesung, zu der entschiedenen Ansicht gebracht, dass zwischen der Zerstörung der Occipitallappen und dem Mangel des Hungergefühles eine innige Beziehung bestehe. Wenn wir die physiologischen Bedingungen des Hungers und Durstes genauer betrachten, so finden wir als nächste Ursache des Durstgefühles eine Trockenheit im Rachen, welche den localen Ausdruck des allgemeinen Bedürfnisses nach Wasser darstellt; dieses Gefühl der Trockenheit im Rachen ist aber eine rein tactile Empfindung. In der cerebralen Hemianästhesie wird die Schleimhaut des Mundes und der Nase, gerade so wie die gesammte Körperoberfläche, gänzlich unempfindlich. Nach Entfernung der Hinterhauptlappen erscheint dagegen weder die tactile Empfindlichkeit an der Haut, noch diejenige an der Schleimhaut der Körperorificien unterdrückt; die Bedingungen für das Zustandekommen des Durstgefühles sind demnach nicht aufgehoben. Ganz anders verhält es sich mit dem Hungergefühle.

Die nächste Ursache für das Hungergefühl haben wir in gewissen Verhältnissen des Magens zu suchen, und rechnen demnach die Empfindung des Hungers zu den sogenannten organischen, visceralen Empfindungen, welche eine von den tactilen, cutanen Empfindungen getrennte Gruppe für sich bilden. Diese Sonderstellung der visceralen Empfindungen zeigt sich darin, dass bei der cerebralen Hemianästhesie die tactile Empfindlichkeit für alle Sorten von Reizen an der Haut und an den Gliedern verloren gegangen ist, während kräftiger Druck gegen die Leber, die Nieren, die Ovarien und die Därme ebenso schmerzhaft bleibt wie früher. — Unter gewöhnlichen Verhältnissen kommt der Zustand unserer Eingeweide nicht vor unser Bewusstsein, vielmehr nur dann, wenn diese sich unter ganz abnormen Bedingungen befinden, wenn sie beispielsweise entzündet sind. In solchen Fällen kann der Schmerz direct auf das leidende Eingeweide bezogen werden; viel häufiger aber geschieht es, dass er sich

durch andere sensorische Nerven, die oft von dem Sitze der Erkrankung sehr weit entfernt sind, ausdrückt (Sympathie, Synästhesie). So äussern sich Erkrankungen der reproductiven Organe öfter durch neuralgische Schmerzen unter der Brust, abnorme Zustände des Magens und der Eingeweide in einer Neurose des Trigemini, z. B. in Kopfschmerzen, Zahnschmerzen, während bei Lebererkrankungen Schmerzen in der rechten Schulter nicht selten sind.

Wenngleich die von den Eingeweiden ausgehenden Empfindungen nur im Falle ausgesprochener, heftiger Erkrankung der ersteren, sonst aber nicht unmittelbar vor's Bewusstsein treten, so bilden sie doch immer, je nachdem diese Organe sich in gesundem und kräftigem, oder in krankhaftem, geschwächtem Zustande befinden, die Grundlage jenes unbestimmten, nicht localisirten, allgemeinen Wohl- oder Uebelbefindens, das Jedermann kennt.

Insofern nun diese Empfindungen, welche etwa durch den *Nervus vagus* und *sympathicus* zugeleitet werden, in bestimmter localisirter Weise vor's Bewusstsein treten, wie das Hungergefühl, oder aber insofern sie die Grundlage eines vagen Gefühles des Wohl- oder Missbehagens oder eines dunklen Sehns (Allgemeingefühl) bilden, müssen sie in der Hirnrinde, als dem Bewusstseinscentrum, vertreten sein, und zwar geschieht dies aller Wahrscheinlichkeit nach in den Occipitallappen. Ich möchte es bezweifeln, dass die Experimentalphysiologie diese Frage, bei welcher der subjective Factor eine so grosse Rolle spielt, jemals in entscheidender Weise zu lösen vermag.

Der Umstand aber, dass sich wenigstens in einer Beziehung dieses Gemeingefühl nach Zerstörung der Occipitallappen in auffälliger Weise alterirt zeigt, spricht jedenfalls zu Gunsten meiner Anschauung. In anatomischer Beziehung steht ferner der Hinterhauptlappen in Verbindung mit den sensorischen Pedunculusbahnen, und der kleine Seepferdefuss kann allenfalls als eine Wiederholung des grossen — im Kleinen — angesehen werden. Dieser letztere aber steht, wie wir gesehen haben, in directer Beziehung zu den tactilen Wahrnehmungen, welche grosse Aehnlichkeit mit den visceralen haben. Wir finden also, dass die Hypothese von der Function der Occipitallappen durch physiologische und anatomische Thatsachen unterstützt wird.

Den hauptsächlichsten Einwand gegen die Ansicht, nach welcher in den Hinterhauptlappen das Centrum für das Gemeingefühl ist — einen Einwand, den ich keineswegs unterschätzen will —, bildet die Thatsache, dass der Affe, welcher sich von der Entfernung der Hinterhauptlappen wieder erholt hatte, nach fünf-tägiger Abstinenz von Neuem zu essen begann. Wenn die Hinterhauptlappen wirklich die sensorischen Centren darstellen, von welchen das Hungergefühl abhängt, wie lässt sich dann diese Wiederkehr des Nahrungsbedürfnisses bei einem Thiere, dem diese Centren entfernt wurden, erklären? Oder ist es denkbar, dass die erhalten gebliebenen Hirntheile compensatorisch die Function für die verlorenen übernahmen? Diejenigen, welche an der qualitativen und quantitativen Gleichwerthigkeit der einzelnen Rindenprovinzen festhalten, werden diese letztere Frage jedenfalls in bejahendem Sinne beantworten. Wir haben aber bereits zahlreiche Beweise kennen gelernt, und werden noch viele andere finden, dass diese Theorie, welche mit der Localisation der specifischen Rindenfunctionen in directem Widerspruche steht, nicht haltbar ist.

Es ist jedoch möglich, dass gewisse Functionen, welche auf dem Wege der Association primär und hauptsächlich von bestimmten Gehirnthteilen abhängen, durch deren Zerstörung in bloss vorübergehender Weise aufgehoben werden und sich dann wieder herstellen. Die Einführung der Nahrung ist allerdings zunächst von dem Hungergeföhle abhängig; allein den Nahrungsstoffen kommen in hohem Grade gewisse Geruchs- und Geschmacksmerkmale zu, und der Anblick der Nahrung, sowie ihr Geschmack und Geruch nach deren Einführung in den Mund, ferner die enge Association, welche zwischen diesen wohlbekannten Vorstellungen und der des Essens besteht, können für den Verlust jener Empfindungen, von welchen zunächst das Aufsuchen und die Einführung der Nahrung abhängt, eine Compensation schaffen. Dass eine solche Verknüpfung der verschiedenen genannten Vorstellungen besteht, ergab sich ja bei dem eben früher beschriebenen Affen. Das erste Zeichen eines Verlangens nach einer anderen Nahrung als nach Wasser manifestirte sich, als ihm ein Stück einer Orange — welche ja den Geruch und den Geschmack in kräftiger Weise afficirt — angeboten wurde. Allenfalls könnte man hier noch mehr von einer Befriedigung des Durstes als des Hungers spre-

chen. Allein am Ende des fünften Tages, als bereits alle Versuche mit den gewöhnlichen Nahrungsmitteln fehlgeschlagen waren, wurde das Thier durch den Anblick und den Geruch einer Kartoffel, nachdem es dieselbe erst genau untersucht hatte, gleichsam auf eine neue Idee gelenkt und zur regelmässigen Nahrungseinnahme gebracht.

Ich bin weit davon entfernt, die Thatsachen, welche für eine Beziehung der Hinterhauptlappen zu den visceralen Sensationen sprechen, für gleichwerthig mit den Beweisen für die Localisation der speciellen Sinne zu halten. Hoffentlich werden fortgesetzte Untersuchungen mittelst neuer Methoden und sorgfältige klinische Beobachtungen mehr Licht über diese Frage verbreiten.

Die Betrachtung der visceralen Empfindungen führt auf die Besprechung des Geschlechtstriebes. Bei dem Affen, welcher die Entfernung seiner Hinterhauptlappen überlebt hatte, konnte ich gewisse Anzeichen bemerken, die mit Sicherheit für die Erhaltung des Geschlechtstriebes sprachen. Am dritten Tage nach der Operation beobachtete ich das Thier zweimal in sexuellem Verkehre mit einem Genossen. Dies geschah also zu einer Zeit, als es noch nicht frass, und lässt sich doch jedenfalls schwer mit einer etwa supponirten physischen Prostration und schweren Beeinträchtigung des Wohlbefindens vereinigen, worin von mancher Seite eher, als in der speciellen Verletzung der Occipitallappen, die Ursache des mangelnden Hungergefühles gesucht werden dürfte.

Die Bedeutung dieser Erscheinung liegt ebensowohl in ihrem Auftreten an und für sich, als auch in dem Hinweise darauf, dass die Hinterhauptlappen nicht der Sitz des Geschlechtsgefühles sein können. In dem vorliegenden Falle kam die Erregung des Geschlechtstriebes nicht in der gewöhnlichen Weise von aussen her zu Stande, denn der andere Affe war ebenfalls ein Männchen und nahm die Umarmung sehr übel auf. Es muss demnach ein centraler Reiz mit ins Spiel getreten sein; die Verhältnisse waren aber derartige, dass ein entzündlicher Process die Centren der sexuellen Empfindungen angeregt haben konnte, wenn wir etwa annehmen wollen, dass dieselben sich in nächster Nähe der Schnittfläche, durch welche die Hinterhauptlappen abgetrennt wurden, befinden. Jenes Bedürfniss des Organismus, welches die Grundlage des Geschlechtstriebes bildet, steht in inniger Beziehung zu einer besonderen Form tactiler Empfindungen, deren Centrum mit der

Ammonshornregion enge verknüpft sein mag. Wir wissen ferner, dass bei den niederen Thieren ein eigenthümlicher Geruch eines der kräftigsten sexuellen Reizmittel darstellt; beim Menschen ist eine derartige Erregung durch den Geruch weniger in die Augen springend, doch wird sie von Vielen angenommen; so scheint besonders die Vorliebe für Moschus oder seine Derivate und ähnliche Substanzen mit sexueller Erregung in Zusammenhang zu stehen (Laycock)¹⁾. Wir können es demnach gerade nicht als unwahrscheinlich ansehen, dass eine Gegend der Hirnrinde, welche in der Nähe der Schmeck- und Riechcentren zu suchen ist, den Sitz der sexuellen Empfindungen darstelle. Die Occipito-temporal-Windungen, jene, welche den unteren und inneren Theil des Schläfenlappens mit dem Hinterhauptlappen verbinden, würden diese Bedingungen erfüllen, und haben ausserdem eine derartige Lage, dass sie durch den entzündlichen Process, welcher in Folge der Abtrennung der Hinterhauptlappen eintritt, erreicht werden. Ich überlasse die endgültige Entscheidung über den Werth dieser Theorie späteren physiologischen und pathologischen Untersuchungen.

Munk²⁾ hat in seiner zweiten Abhandlung meine Angaben über die Bedeutung der Hinterhauptlappen beim Affen, sowie die aus meinen Versuchen sich ergebende Localisation des Sehcentrum im *Gyrus angularis* (beim Affen) in höchst eigenthümlicher Weise angegriffen. Er ist der Ansicht, dass beim Affen die Rinde des Hinterhauptlappens das Sehcentrum (die Sehsphäre) darstelle, und macht meinen Versuchen den Vorwurf, dass die Thiere zu bald nach der Operation, noch zur Zeit der allgemeinen Depression der Hirnfunctionen, geprüft worden seien. Munk selbst bemerkt aber wenige Zeilen später, wie unbedeutend die Reaction nach einer Hirnverletzung beim Affen ist, so dass das Thier schon nach 24 bis 36 Stunden fieberfrei und wohlauf wie zuvor erscheint.

Wollten wir über die Ursachen von Störungen, welche sich im Bereiche der einzelnen Functionen noch während der Periode der allgemeinen Depression zeigen, bestimmte Schlüsse ziehen, so müsste ein solches Vorgehen jedenfalls, als zu falschen Resultaten

¹⁾ Laycock, Nervous Diseases of Women, 1840.

²⁾ Archiv für Physiologie 1878.

führend, zurückgewiesen werden. Wenn aber nach Zerstörung eines bestimmten Hirntheiles gewisse Functionen — gleichgültig ob der Zustand der Depression noch andauert oder bereits vorüber ist — keinerlei Störung oder Zeichen von Abschwächung darbieten, dann können wir mit vollster Entschiedenheit von dem zerstörten Hirnthelle sagen, dass er in keiner Beziehung zu der betreffenden Function stehe. Dagegen dürfen wir solche Störungen, welche sich erst in Folge secundär eintretender Veränderungen, beim Uebergreifen des entzündlichen Processes auf benachbarte, ursprünglich nicht verletzte Hirnthelle, einstellen, nur auf diese letzteren beziehen.

Ich habe mich bemüht, diese Fehlerquelle, auf welche ich wiederholt aufmerksam gemacht habe, zu vermeiden, und speciell darauf hingewiesen, dass das wirkliche Sehcentrum, der *Gyrus angularis*, leicht in Gefahr geräth, secundär afficirt zu werden, wenn die Abtrennung des Occipitallappens zu nahe an der *Fissura parieto-occipitalis* erfolgte. Durch sorgfältige Untersuchungen des Gehirnes, nach der Tödtung des Thieres, ist es erwiesen, dass in allen Fällen von Zerstörung der Hinterhauptlappen, in welchen ich auch Störungen des Sehvermögens constatiren konnte, der *Gyrus angularis* mehr oder minder ergriffen war. Aus den Angaben von Munk geht aber nicht hervor, dass er auf diesen Umstand Rücksicht genommen hat. Ich habe einem Affen¹⁾ beide Hinterhauptlappen vollständig zerstört. 1 $\frac{1}{4}$ Stunde nach der Operation gab das Thier lebhafteste Beweise für die Erhaltung seines Sehvermögens. Es lief hinweg, wenn ich mich ihm näherte, und vermied dabei sorgfältig alle Hindernisse. Da es bemerkte, dass die Thüre seines Käfigs offen stand, ging es hinein und stieg auf die darin befindliche Querstange, wobei es einer Katze, welche sich unterdessen im Käfige breit gemacht hatte, vorsichtig auswich. Es entwichte, wenn ich es mit den Händen zu fangen trachtete, und fand eine Traube, die ich in den Käfig gelegt hatte.

Zugegeben, dass sich das Thier noch in dem Zustande der Reaction in Folge der Operation befand, so ist es, wenn sich nach Munk's Meinung das Sehcentrum im Hinterhauptlappen fände, doch vollständig unbegreiflich, wie dann das Thier noch im Besitze seines Sehvermögens sein konnte. Munk scheint aber

¹⁾ Philos. Transactions 1875, vol. II, p. 487.

diesen Versuch, sowie andere ähnliche, gänzlich übersehen zu haben.

Ich brauche hier kaum nochmals darauf aufmerksam zu machen, dass der genannte Forscher bei Carnivoren den Gesichtssinn (sowie auch den Gehörssinn) an denselben Stellen der Hirnrinde localisirte, wie dies früher von mir geschehen war.

II. Motorische Centren.

§. 72. In dem vorhergehenden Capitel (Cap. VIII.) haben wir gezeigt, dass bei elektrischer Reizung des Affenhirnes an bestimmten umschriebenen Stellen seiner Oberfläche, zunächst an jenen Windungen, welche die Rolandoische Furche begrenzen, gewisse constante und umschriebene Bewegungen der Hände, Arme, Füße, Beine, Gesichtsmuskeln, der Zunge u. s. w. auftreten. Aehnliche und in vielen Beziehungen gänzlich analoge Bewegungen beobachteten wir, wenn das Gehirn der Katze, des Hundes, des Schakales an den Stirnwindungen der convexen Oberfläche gereizt wurde, und ebenso bei Nagethieren auf Reizung des entsprechenden frontalen Theiles ihres glatten Gehirnes. Die durch Aehnlichkeit der Reaction bei verschiedenen Thieren gleichwerthigen Rindentheile haben wir mit denselben Zahlen bezeichnet.

Diese Thatsachen sind daher auch von Werth für die Aufstellung topographischer Homologien am Gehirne des Affen und der niederen Thiere. Die motorische Region am Affenhirne liegt weiter rückwärts, als bei den niederen Thieren, sie entspricht bei ersterem mehr dem parietalen, als dem frontalen Lappen. Die *Fissura Rolando* ist in Anbetracht des Umstandes, dass die motorischen Centren dieselbe gleichsam umgeben, dem *Sulcus cruciatus* der Carnivoren gleichzustellen. Von dieser wichtigen Marke aus können wir leicht die relative Entwicklung des Stirnlappens bei verschiedenen Thieren beurtheilen. Am Gehirne der Raubthiere sind die vor dem *Sulcus cruciatus* gelegenen Rindenabschnitte, in Vergleich mit den mächtig entwickelten Stirnlappen des Affenhirnes, auf eine sehr geringe Ausdehnung reducirt; letztere erscheinen aber wieder unbedeutend, wenn wir sie mit den homologen Regionen des Menschenhirnes vergleichen.

Die Windungen sind am Affengehirne derart angeordnet, dass es nicht leicht ist, die Homologie zwischen ihnen und den Windungen an der convexen Fläche des Raubthiergehirnes, welche fast parallel mit einander von dem vorderen zum hinteren Ende der Hemisphäre verlaufen, zu statuiren. Dächten wir uns aber, dass die Rolandoische Furche, statt so weit nach abwärts zu reichen, plötzlich in der Höhe der oberen Stirnfurche endigte (Fig. 26, *sf*), so könnten wir uns eine obere, äussere Windung wie beim Hunde vorstellen, welche, mit der oberen Stirnwindung beginnend, die abgekürzte Rolandoische Furche in einem halbmondförmigen Bogen (vermitteltst des oberen Endes der vorderen und hinteren Centralwindung) umziehen, sich in das obere Schläfenlappchen und weiter in den Hinterhaupt- und Schläfenlappen fortsetzen würde. Eine ähnliche Continuität können wir uns auch, wenn wir von der Unterbrechung durch den *Sulcus praecentralis* (Fig. 26, *ap*) absehen, zwischen der zweiten Stirnwindung und dem *Gyrus angularis* des Affengehirnes construiren — etwa entsprechend der zweiten äusseren Windung des Hundehirnes. Eine dritte continuirliche Windung kann endlich auch in der unteren Stirn- und der oberen Schläfenwindung gesehen werden.

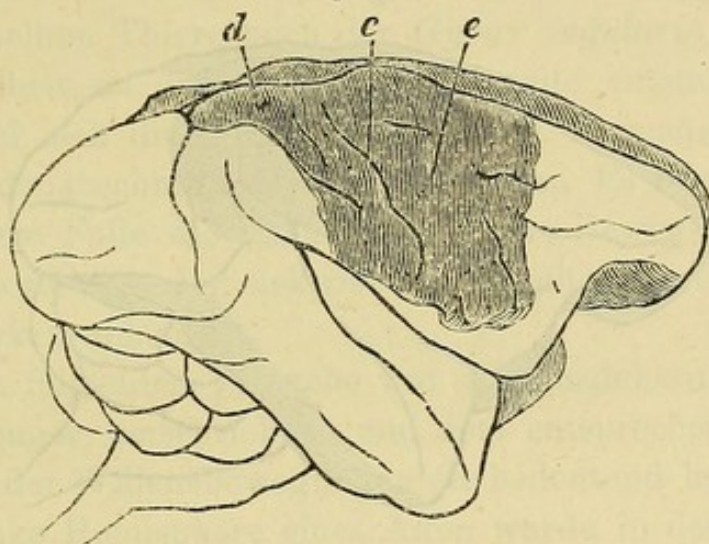
Die Frage, welche uns hier aber zunächst zu beschäftigen hat, ist die nach der physiologischen Bedeutung dieser Regionen. Die Thatsache allein, dass Bewegungen von einer Stelle der Hirnrinde aus angeregt werden können, beweist nicht, dass die gereizten Gegenden in der That eine motorische Bedeutung haben; denn auch die Reizung sensorischer Centren kann auf reflectorischem Wege complicirte Bewegungen veranlassen. Ob nun die in Betracht stehenden Centren direct motorisch sind, oder nur in indirecter Weise wirken, wenn sie gereizt werden, ist eine Frage, die von den verschiedenen Forschern in verschiedener Weise beantwortet worden ist. Allein schon der entschieden zweckmässige Charakter, welcher sich in vielen dieser Bewegungen ausdrückt, und der Umstand, dass dieselben meist den gewöhnlichen Willensbewegungen des Thieres und seinen Eigenthümlichkeiten entsprechen, würde, ganz abgesehen von anderen Betrachtungen, eher zu dem Schlusse berechtigen, dass sie den Ausdruck einer künstlichen Anregung der functionellen Thätigkeit solcher Centren darstellen, welche bei der Ausführung von Willensbewegungen unmittelbar betheiligt und demnach rein motorisch sind. Da

diese Frage aber auch durch das Experiment direct beantwortet werden kann, so wollen wir uns im Folgenden mit den einschlägigen Versuchen beschäftigen. Wenn die fraglichen Stellen der Hirnrinde Centren der Willensbewegungen darstellen, so muss ihre Zerstörung Paralyse der Willensbewegungen nach sich ziehen, und jede scheinbare Ausnahme von diesem Resultate muss wenigstens eine genügende Erklärung gestatten, die sich mit unserer Ansicht, falls sie correct ist, vereinigen lässt.

Die folgenden Versuche an Affen geben eine entschiedene Antwort auf die vorliegende Frage.

Das erste Experiment, welches ich mittheilen will, zeigt in lehrreicher Weise die verschiedene Wirkung der Zerstörung und der Reizung jener Windungen, welche die Rolandoische Furche

Fig. 52.

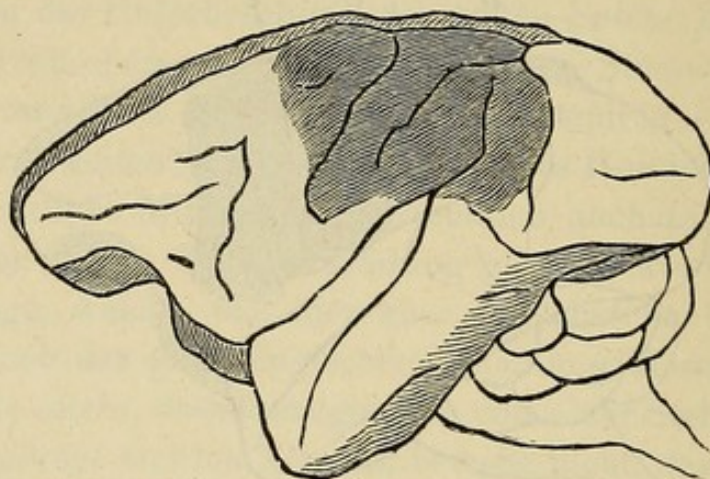


Verletzung der Hirnrinde an der rechten Hemisphäre, mit vollständiger Hemiplegie der anderen Seite, ohne Beeinträchtigung der Empfindlichkeit. c. Die *Fissura Rolando*. d. Das obere Scheitelläppchen. e. Die vordere Centralwindung.

begrenzen. Ich legte die rechte Hemisphäre eines Affen theilweise frei und unterwarf sie der elektrischen Reizung; die freigelegten Rindenstellen waren die vordere und die hintere Centralwindung und das hintere Ende der Stirnwindungen (Fig. 52). Das Thier wurde nun am Leben gelassen, um die Folgen der Freilegung des Gehirnes zu beobachten. Am nächsten Tage befand es sich wieder ganz wohl. Gegen Ende des folgenden Tages machten sich Entzündungs- und Eiterungserscheinungen bemerkbar, es traten choreatische Krämpfe am linken Mundwinkel und am linken Arme ein, welche häufig wiederkehrten, bald einen epileptiformen

Charakter annahmen und sich über die ganze linke Seite ausbreiteten. Tags darauf hatte sich linksseitige Hemiplegie herausgebildet, der Mund erschien nach rechts verzogen, die linke Backentasche schlaff und mit Futter, welches sich aussen vor den Zähnen angesammelt hatte, angefüllt; die Lähmung des linken Armes erschien fast total, die des linken Beines partiell; am nächstfolgenden Tage hatte sich die vollständige Lähmung über die ganze linke Seite ausgebreitet und hielt bis zu dem neun Tage darauf eintretenden Tode an. Die tactile Empfindlichkeit war so wie das Sehen, Hören, Riechen und Schmecken erhalten. Bei der Section fanden sich die freigelegten Windungen vollständig erweicht, der Rest der Hemisphäre und die Basalganglien erschienen frei von einer Desorganisation.

Fig. 53.



Verletzung der linken Hemisphäre, verbunden mit Lähmung des rechten Beines, der rechten Hand und einiger Bewegungen des rechten Armes, sowie mit Verlust des Gesichtes an der rechten Seite.

Wir haben also hier ein deutliches Beispiel, erstens wie auf eine vitale Reizung dieselben Erscheinungen eintreten, die der elektrische Strom erzeugt, und zweitens wie eine Zerstörung bestimmter Hirnrindentheile in Folge entzündlicher Erweichung vollständige Lähmung der Willensbewegungen an der anderen Körperhälfte ohne Affection der Sinnesthätigkeit nach sich zieht.

In einem anderen Versuche (vergl. Fig. 53) war die Läsion und dem entsprechend auch die Lähmung eine beschränktere. Die linke Hemisphäre eines Affen wurde freigelegt und durch das Cauterium die Rindensubstanz in der Gegend des oberen Scheitellappchens (Fusscentrum), der hinteren Centralwindung (Hand-

centrum) und des oberen Theiles der vorderen Centralwindung (Arm- und Beincentrum) zerstört (vergl. §. 53 Fig. 29). Die Centren für den Biceps, die Gesichtsmuskeln, den Mund und die Zunge, blieben geschont.

Unmittelbar nach dieser Operation wurde das rechte Bein nachgeschleppt, besonders das Fussgelenk erschien schlaff und kraftlos. Ebenso hing die rechte Hand unthätig herab, doch konnte das Thier seinen Vorderarm bewegen und gegen Versuche, ihn zu extendiren, Widerstand leisten, da ja das Centrum für den Biceps geschont war. Es zeigte sich ferner keine Spur von Gesichtslähmung oder Verziehung des Mundes. Die Hautempfindlichkeit war wie die übrigen speciellen Sinne ungestört; mit Ausnahme der erwähnten motorischen Erscheinungen befand sich das Thier vollkommen wohl und ass mit Appetit. Später wurde demselben Thiere noch der *Gyrus angularis* zerstört, wodurch Blindheit an der rechten Körperseite entstand. Bei der Section fand sich die Gehirnsubstanz mit Ausnahme der angeführten Rindenabschnitte vollkommen intact. Es beschränkte sich also in diesem Falle die Lähmung auf jene Bewegungen, welche nach den Resultaten der elektrischen Reizung von den zerstörten Rindenbezirken abhängen.

In dem folgenden Versuche war die Ausdehnung der Läsion noch viel enger umschrieben, und dem entsprechend der Effect hinsichtlich der Willensbewegungen ein bedeutend beschränkterer.

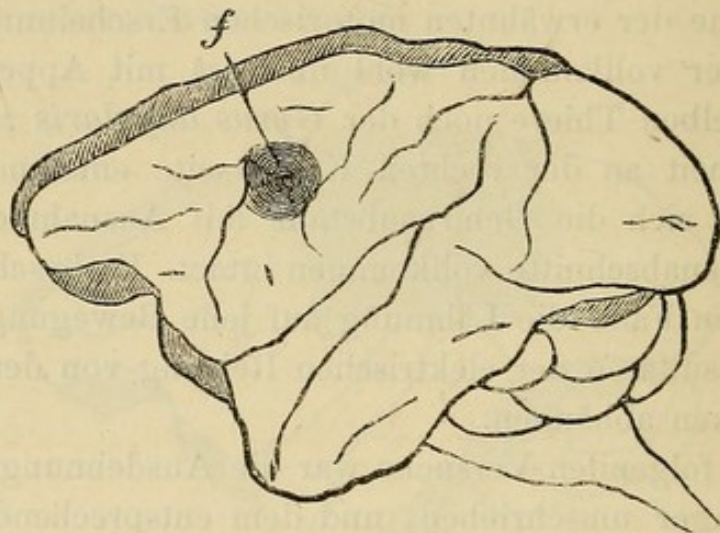
Die linke Hemisphäre eines Affen wurde in der Gegend der vorderen Centralwindung an der mit 6 bezeichneten Stelle (vergl. Fig. 29), dem Centrum für den Biceps, für die Supination und Flexion des Vorderarmes freigelegt (Fig. 54 a. f. S.). Nachdem ich mich vorerst von der genauen Lage dieses Centrums durch die elektrische Reizung überzeugt hatte, wurde dasselbe sorgfältig und gerade genügend stark, um die Hirnrinde zu zerstören, cauterisirt. Der Erfolg dieser Operation zeigte sich alsbald in der mangelnden Fähigkeit, den rechten Vorderarm zu beugen. Alle anderen Bewegungen dieses Gliedes waren erhalten geblieben; das Thier war bloss nicht im Stande, den Arm aus der gestreckten Lage in die gebeugte überzuführen, und dieser hing, wenn man es aufhob, in schlaffer Extension herab.

Das Thier führte die Gegenstände mit der linken Hand zum Munde; die Bewegungen der Beine waren intact, es zeigte sich

keine Facialisparalyse, die Hautempfindlichkeit und die übrigen Sensationen waren nicht beeinträchtigt. Leider starb das Thier wenige Stunden nach der Operation in Folge einer zu grossen Dosis von Chloroform, so dass über die Dauer der Erscheinungen und deren Folgen nur ungenügende Beobachtungen gemacht werden konnten. Bei der Section zeigte sich, dass die Läsion genau auf die oben angeführte Stelle beschränkt war.

Im Anschlusse an derartige Versuche liessen sich andere erwähnen, bei denen die Ausdehnung der Läsion anfänglich nur auf sensorische Centren beschränkt blieb (z. B. den *Gyrus angularis*), während später auch umschriebene Lähmungen, wie z. B. der

Fig. 54.



Verletzung (f) der linken Hemisphäre mit Lähmung des Biceps an der rechten Seite.

Hand, eintraten. In diesen Fällen kam es zu einer Erweichung der betreffenden motorischen Centren, welche wir auf dem Wege der elektrischen Reizung kennen gelernt haben. Immer war, so lange ich die Beobachtung fortsetzen konnte, hinsichtlich der Paralyse eine Verschlimmerung zu bemerken. Es schien nie zu einer Compensation oder zu einer Wiederkehr der Bewegungsfähigkeit zu kommen, wenn das Centrum wirklich zerstört worden war. Keinen anderen Umstand erachte ich als beweiskräftiger dafür, dass Zerstörung der Rindensubstanz, in soweit wir letztere als motorische Centren auffassen, beim Affen wirklich Lähmung jener Bewegungen, welche durch elektrischen Reiz ausgelöst werden, hervorruft, und dass diese Lähmung gänzlich unabhängig ist von irgend einer sensorischen Störung. Wir haben gesehen, dass die Unterdrückung der tactilen Empfindlichkeit dadurch motorische

Lähmung hervorrufen kann, dass diejenigen Sensationen, welche den Muskelbewegungen zur Richtschnur dienen, fehlen. In diesen letzten Versuchen aber war lediglich die Fähigkeit zu Bewegungen unterdrückt; die Empfindlichkeit blieb ebenso frisch und intact wie zuvor.

Was die Dauer der motorischen Lähmung beim Affen in Folge von Rindenverletzungen betrifft, so lässt sich mit Rücksicht auf die Unmöglichkeit, die Thiere lange am Leben zu erhalten, wenig mehr sagen, als dass kein Zeichen von Wiederkehr oder Compensation der Function beobachtet werden kann. Hinsichtlich dieses Punktes aber ist die menschliche Pathologie im Stande, die Lücken der Experimentalphysiologie auszufüllen. Es könnten nämlich zahlreiche Fälle angeführt werden, in welchen beim Menschen eine dauernde Hemiplegie in Folge Erweichung der Hirnrinde in den homologen motorischen Regionen eintrat.

Als ein solches Beispiel will ich den hübschen Fall von Lépine¹⁾ anführen. Er wird mitgetheilt unter folgender Ueberschrift: „Totale Zerstörung der hinteren Centralwindung (grosse *Plaque jaune*), partielle Zerstörung der Insel, der vorderen Centralwindung, des oberen und unteren Scheitelläppchens, vollständige Integrität der Seh- und Streifenhügel, dauernde Hemiplegie und absteigende secundäre Degeneration.“ In diesem Falle, in welchem die den motorischen Centren des Affen entsprechenden Hirnrindentheile erkrankt waren, bestand sechs Jahre hindurch Hemiplegie der anderen Seite. Die motorischen Faserzüge der Brücke auf derselben Seite und die vordere Pyramide der anderen Seite waren einer Atrophie anheimgefallen, entsprechend jenen Bahnen, welche die motorischen Impulse von der Hirnrinde nach aussen befördern. Die Sensibilität war in allen ihren Formen intact geblieben.

Ein anderer, genau beobachteter Fall wird von Gliky²⁾ mitgetheilt. Der Kranke, welcher zuerst convulsivische Krämpfe an der linken Körperhälfte gezeigt hatte, wurde später an derselben Seite vollständig hemiplegisch ohne Affection der Empfindlichkeit. Nach seinem Tode fand sich eine käsige Degeneration der motorischen

¹⁾ Lépine, De la Localisation dans les maladies du cerveau Paris 1875.

²⁾ Gliky, Deutsches Archiv f. Klin. Med. 1875.

Ferrier, die Functionen des Gehirnes.

Centren in der rechten Hemisphäre, nämlich der vorderen und hinteren Centralwindung, der hinteren Enden der drei Stirnwindungen und des oberen Scheitelläppchens. Auch ein Theil der Supramarginalwindung war der Erkrankung anheimgefallen.

In einem Falle von Brun¹⁾ bestand linksseitige Hemiplegie ohne Aphasie durch vier Jahre, zuletzt traten Contracturen hinzu, welche in den oberen Extremitäten ausgesprochener waren, als in den unteren. Es fand sich gelbe Erweichung rechterseits in den unteren zwei Drittheilen der vorderen Centralwindung, in der unteren Hälfte der hinteren Centralwindung und in den hinteren zwei Drittheilen der beiden unteren Stirnwindungen, sowie in der Insel. Die Centralganglien waren intact.

Zahlreiche derartige Fälle haben unter Anderen auch Cotard²⁾, Landouzy³⁾ und Maragliano⁴⁾ zusammengestellt.

Jedenfalls erfolgt nach der Zerstörung der sogenannten motorischen Rindencentren beim Menschen eine andauernde Lähmung der Willensbewegungen an der anderen Körperseite, eine Thatsache, welche uns das Experiment für den Affen eben nicht mehr genügend nachweisen konnte.

Es ist von Wichtigkeit, dass dasselbe, was hinsichtlich der Bewegungsstörungen nach Erkrankung der motorischen Rindencentren gesagt wurde, auch für Läsionen gilt, welche die den genannten Rindenpartien angehörigen Abtheilungen des Stabkranzes betreffen. Pitres⁵⁾ hat auf diesen Punkt besonders aufmerksam gemacht und zur leichteren Orientirung die ganze Markmasse des *Centrum semiovale* in eine Anzahl Abtheilungen zerlegt, die er mit besonderen Namen, entsprechend ihrer Lage, bezeichnete. Nur von gewissen Markbündeln des Stabkranzes (der sogenannten Fronto-parietal-Region) kann man sagen, dass nach ihrer Läsion motorische Störungen und secundäre Degenerationen in den motorischen Bahnen auftreten.

Bei der Häufigkeit des Vorkommens apoplectischer Ergüsse in der angegebenen Region des *Centrum semiovale* liessen sich

¹⁾ Bei Charcot und Pitres. *Revue mensuelle* 1877.

²⁾ Cotard, *Atrophie partielle du cerveau* 1868.

³⁾ Landouzy, *Convulsions et Paralysies liées aux Meningoencéphalites fronto-pariétales* 1876.

⁴⁾ Maragliano, *Riv. speriment. di freniatria* 1878.

⁵⁾ Pitres, *Lésions du centre ovale*. Paris 1877.

leicht zahlreiche hierher gehörige Fälle anführen; doch kann man bei ihnen allen, und mit Recht, den Einwurf machen, dass die Lähmung nur durch eine indirecte Affection, etwa durch Druck des Extravasates gegen die Centralganglien bedingt sein könnte. Entscheidender werden demnach solche Fälle sein, in denen ein derartiges, indirect wirkendes Moment, wie beispielsweise der Druck, welchen das ergossene Blut ausübt, ausgeschlossen werden kann. Hodgson ¹⁾ beschreibt einen Fall von rechtseitiger Hemiplegie mit Aphasie und Rigidität des rechten Armes. Bei der Section fand sich im linken *Centrum semiovale* eine circa $1\frac{1}{4}$ Zoll lange, fast leere Cyste, zwischen dem Vorderhorne des Seitenventrikels und der Insel.

Einen den Erscheinungen nach ganz ähnlichen Fall (aber ohne Aphasie) hat Landouzy ²⁾ vor Kurzem mitgetheilt; es fand sich eine alte apoplectische Narbe im Marke der linken Hemisphäre, welche etwa der Gegend zwischen dem hinteren Ende der oberen Stirnwindung und dem oberen Scheitelläppchen entsprach.

Pitres hat eine reichliche Zusammenstellung ähnlicher Fälle geliefert.

§. 73. Wenden wir uns nun zu den niederen Thieren, der Katze, dem Hunde und dem Kaninchen, so treffen wir auf That- sachen, welche sich theilweise nicht ganz leicht mit der Ansicht vereinigen lassen, dass die homologen Centren auch bei diesen Thieren in der That eine motorische Bedeutung haben. Nothnagel ³⁾ hat mittelst Injection von Chromsäure in circumscripte Regionen des Kaninchenhirnes die Folgen von solchen zerstörenden Eingriffen studirt, und auch Hitzig ⁴⁾ hat als Fortsetzung seiner ersten mit Fritsch angestellten Versuche eine neue Reihe von Experimenten an Hunden mit Exstirpation der Rindensubstanz vorgenommen. Ferner haben Schiff ⁵⁾, Hermann ⁶⁾, Obersteiner ⁷⁾ u. A. in ähnlicher Weise experimentirt. Die bemerkens-

¹⁾ Hodgson, Lancet 1866, p. 397.

²⁾ Landouzy, Bull. de la Soc. anatom. 1877.

³⁾ Virch. Arch. 57. B.

⁴⁾ Arch. von Du Bois und Reichert 1874.

⁵⁾ Arch. f. experim. Pathol. und Pharm. 3. B. 1874.

⁶⁾ Arch. f. die ges. Physiol. 1875.

⁷⁾ Wien. med. Jahrbücher 1878.

werthe Arbeit von Carville und Duret ¹⁾ enthält die sorgfältigsten Experimente und die genaueste Darlegung der Folgen einer Zerstörung der motorischen Centren beim Hunde.

Wie wir gesehen haben, liegen die motorischen Centren für die Extremitäten des Hundes in dem *Gyrus sigmoideus* (Fig. 32). Wird dieser zerstört, sei es durch Excision oder durch Cauterisation, so zeigen sich die Glieder der anderen Seite unmittelbar darauf in sehr bestimmter Weise afficirt. Ist die Zerstörung linkerseits vorgenommen worden, so fällt das Thier bei Versuchen zu stehen nach rechts über, und seine Glieder kreuzen sich unter ihm in kraftloser Weise. Es besteht allerdings keine vollständige motorische Lähmung wie beim Affen, denn bald gelingt es dem Thiere, sich wieder auf den Beinen zu erhalten; dabei aber sind die rechten Beine immer geneigt zu deviiren und auszuweichen, und es geschieht häufig, dass das Thier rutscht oder seinen Fuss auf das Dorsum oder sonst in abnormer Weise aufstellt. Gehen erscheint anfangs unmöglich, indem das Thier, sobald es einen Versuch dazu anstellt, immer zu fallen strebt und häufig auch wirklich fällt, besonders dann, wenn es seine Bewegungen beschleunigt. Nach und nach aber nimmt die Kraft zu, es bessert sich die Controle über die Glieder, so dass es sogar schwierig erscheinen mag, irgend eine Affection der Motilität überhaupt aufzufinden. Häufig sind nach wenigen Tagen die anfangs so ausgeprägten Erscheinungen vollständig oder wenigstens fast vollständig verschwunden. Immer kommt es, wenn das Thier nicht in Folge von Encephalitis zu Grunde geht, früher oder später zu vollständiger Wiederherstellung. Die Parese kann auf einzelne Bewegungen oder auf ein Glied beschränkt sein, je nachdem sich die Läsion zur Lage und Ausdehnung der einzelnen motorischen Centren verhält, welche uns die elektrische Untersuchung kennen gelehrt hat. Hitzig's Versuche liefern zahlreiche Beispiele für diese Thatsache.

In allen diesen Fällen von motorischen Störungen ist, wenn wir nach der sensorischen Reaction urtheilen dürfen, kein Anzeichen einer Abschwächung der Sensibilität in den Gliedern vorhanden. Es handelt sich also um eine rein motorische, und nicht

¹⁾ Carville und Duret, Sur les fonctions des Hémisphères cérébraux Arch. de Phys. 1875

um eine sensorische Affection. Bei der Katze haben wir wesentlich die gleichen Erscheinungen. Beim Kaninchen sind die Folgen noch vorübergehender, als bei der Katze und dem Hunde, wie mich zahlreiche Versuche gelehrt haben. Diese Versuche stimmen mit denen am Affen darin überein, dass in allen Fällen die Beweglichkeit und nicht die Empfindlichkeit gelitten hat; aber es besteht ein Unterschied in dem wesentlichen Punkte, dass die Lähmung weniger complet und nicht andauernd ist. Worin liegt also die Ursache dieser Motilitätsstörung und wie ist die transitorische Natur der letzteren bei vielen Thieren zu erklären?

Ich bin entschieden der Ansicht, dass diese Affection bei allen letztgenannten Thieren wesentlich dieselbe ist wie diejenige, welche bei Zerstörung der homologen Centren des Affenhirnes auftritt, also rein motorischer (oder psychomotorischer) Natur oder, wie sich Carville und Duret ausdrücken, „*Paralysie de la motricité volontaire corticale*.“ Um aber jene Differenz, welche sich im Grade der Lähmung beim Affen und beim Hunde bemerkbar macht, zu verstehen, müssen wir zu den in den ersten Capiteln dieses Werkes angeführten Thatsachen zurückkehren. Wie wir gezeigt haben, sind die Folgen einer vollständigen Entfernung der Grosshirnhemisphären verschieden bei den einzelnen Thierclassen. Beim Fische, Frosche und bei der Taube wird durch die Entfernung der Hemisphären die Fähigkeit der Locomotion und des Aufrechstehens in kaum merkbarer Weise beeinträchtigt. Unter dem Einflusse äusserer Reize können diese Thiere schwimmen, springen oder fliegen, und zwar mit derselben Kraft und Präcision wie früher. Auch beim Kaninchen hebt die Entfernung der Hemisphären, wenn auch dadurch die Motilität der Vorderbeine geschwächt wird, dennoch die Fähigkeit des Aufrechstehens und der coordinirten Vorwärtsbewegung in Folge äusserer Reize nicht ganz auf. Beim Hunde hingegen zeigen sich nach Entfernung der Hemisphären schon markirtere Erscheinungen, so dass das Stehen und die Locomotion vollständig unmöglich werden. Es ist wohl sehr wahrscheinlich, dass diese Fähigkeiten, mit der Zeit wenigstens, bis zu einem gewissen Grade wieder erworben werden können. Da aber die Thiere der in Rede stehenden Operation immer bald unterliegen, so kann diese Frage experimentell nicht gelöst werden. Wir sehen also, dass die unabhängige, automatische Organisation der niederen Centren, je nachdem wir in der Thierreihe auf- oder

absteigen, eine wechselnde ist. Je höher der Grad der Unabhängigkeit, Complicirtheit und Verschiedenartigkeit der motorischen Leistungen ist, welche das Thier schliesslich ausführen lernt, desto mehr sind die Bewegungen vom Willen abhängig, desto weniger sind sie automatisch und desto länger währt die Periode der Kindheit, während welcher das Thier nur langsam die Willenscontrole über seine Glieder erlangt. Manche der niederen Thiere sind gleich von ihrer Geburt an mit allen Bewegungsfähigkeiten vollständig ausgerüstet. Bei den meisten ist die Periode der hilflosen Kindheit äusserst kurz im Vergleiche mit den Jungen des Affen und des Menschen. Bei letzteren ist jede genaue Bewegung das Resultat eines langen und mühevollen Anlernungsprocesses. Je mehr die Bewegungen von der Willenscontrole abhängen, um so markirter und dauernder ist die Lähmung, welche in Folge von Zerstörung der Rindencentren, der Centren für die Willensbewegung, eintritt. Daher kommt es, dass die Lähmungen nach Zerstörung der motorischen Hirnrindencentren beim Affen und Menschen so vollständig und andauernd sind. Je mehr aber die Bewegungen gleich nach der Geburt mechanisch, automatisch sind und es späterhin bleiben, um so weniger wird eine Zerstörung der Rindencentren dieselben beeinträchtigen, daher auch die Zerstörung der Hirnrinde beim Fische, beim Frosche und bei der Taube wenig oder keinen Effect hat. Wo ferner die Willenscontrole rasch erlangt wird, oder wo eine gewisse Automaticität angeerbt oder rasch eingerichtet ist, wie beim Kaninchen und Hunde, da können die Centren für die motorischen Leistungen entfernt werden, ohne die Fähigkeit der Locomotion vollständig oder dauernd aufzuheben. Die Bewegungen sind eben noch möglich durch die Thätigkeit der niederen Centren, in welchen diese Art der Activität gewissermassen mechanisch eingerichtet und durch die verschiedenen äusseren oder inneren Reize anregbar ist.

Ausser diesen Differenzen in der primären Organisation der Nervencentren bei verschiedenen Thieren, können auch gewisse Thatsachen der klinischen Beobachtung beim Menschen auf den Mechanismus der Willensbewegungen neues Licht werfen. Bei Hemiplegie oder einseitiger Lähmung der Willensbewegungen in Folge von Erkrankungen der motorischen Centren in der anderen Hemisphäre fand man, dass die einzelnen Bewegungen nicht alle in gleichem Grade ergriffen werden, sowie dass auch die Wiederher-

stellung der Bewegungen in einer gewissen Reihenfolge stattfindet, wenn die Läsion, welche die functionelle Thätigkeit dieser Centren vernichtet hat, wieder heilt. So zeigte es sich, dass bei vollständiger Lähmung von Arm und Hand noch immer ein gewisser Grad von Herrschaft des Willens über das Bein zurückbleiben kann. In 47 Fällen von Rindenerkrankungen, in denen motorische Erscheinungen von Seiten der Extremitäten zu constatiren waren, beschränkten sich die Symtome nach einer Zusammenstellung, welche Obersteiner¹⁾ gibt, 11 Mal auf die obere Extremität, 22 Mal waren sie in dieser in meist bedeutend höherem Grade ausgesprochen, als in der unteren, und nur 2 Mal betrafen sie ausschliesslich die untere Extremität. Es wird also die Motilität der oberen Extremität beim Menschen durch Affectionen der Hirnrinde in weit höherem Maasse beeinträchtigt, als die des Beines. In 11 Fällen von gleichmässigem Ergriffensein des oberen und des unteren Gliedes zeigten sich die Erscheinungen 7 Mal links und 4 Mal rechts; es steht ja bei den meisten Menschen die linke Hand in ihren Leistungen viel weniger unter der Controle des Willens als die rechte, sie ist in dieser Beziehung der unteren Extremität ähnlicher als dies rechts der Fall ist; daher erkläre es sich auch, weshalb gerade links dieser Unterschied im Grade der motorischen Störung weniger häufig ausgesprochen erscheint. Selbstverständlich kommt ausserdem die genaue Lage der Rindenläsion, mit deren Verschiedenheit auch die Symptome andere sein werden, in Betracht.

Die Gesichtsmuskeln erscheinen niemals so völlig gelähmt, wie dies bei Erkrankungen des *Nervus facialis*, des speciellen motorischen Nerven für diese Muskeln der Fall ist. So kann bei einer Paralyse aus cerebraler Ursache das Augenlid immer noch geschlossen werden, wenn auch nicht so exact wie das der anderen Seite, während bei peripherer Lähmung des *Facialis* (der Bell'schen Lähmung) das Auge in Folge der completen Paralyse des *Orbicularis oculi* immer offen bleibt. Wenn wir diese That-sachen verallgemeinern, so können wir auch sagen, dass die unabhängigen Bewegungen am meisten ergriffen werden, während Bewegungen solcher Muskeln, welche gewöhnlich mit denen der anderen Seite in associirte Action treten, die Muskeln der Augen-

¹⁾ Obersteiner l. c.

lider, des Gesichtes und der Beine, weniger stark gelähmt erscheinen, und sich am raschesten wieder erholen. Die mannigfaltigen und zarten unabhängigen Bewegungen der Hand erholen sich am spätesten von den Folgen der Rindenerkrankung.

Die Extremitäten der vierfüssigen Thiere stehen hinsichtlich des Charakters ihrer Bewegungen den unteren Extremitäten des Menschen näher, als den oberen, umsomehr, als sie nur relativ wenige unabhängige Bewegungen ausführen können und in der Regel in alternirender oder associirter Weise thätig sind. Diese Thatsache der bilateralen Association, zusammengehalten mit dem höheren Grade von Unwillkürlichkeit, welchen die Bewegungen der Vierfüsser darbieten, kann uns erklären, warum die Lähmungen, welche in Folge von Läsion der motorischen Rindencentren bei diesen Thieren auftreten, nicht vollständig und nur vorübergehender Natur sind, im Gegensatze zu der Vollständigkeit und Dauer, welche die Wirkungen derselben Läsion beim Affen und Menschen zeigen. Dass die bilateral associirten Bewegungen bei der Hemiplegie verhältnissmässig nur wenig betroffen werden, erklärt Broadbent¹⁾ auf folgende Weise:

„Die Ursprungskerne jener Muskeln, welche an correspondirenden Stellen der beiden Körperhälften immer gemeinschaftlich, und niemals, oder wenigstens nur mit Schwierigkeit, unabhängig von einander in Action treten, sind derartig durch Commissurenfasern mit einander verknüpft, dass sie eigentlich nur einen einzigen Nervenkernel darstellen. Dieser combinirte Ursprungskern enthält demnach Fasern von jedem Streifenhügel und wird in der Regel von beiden aus innervirt; allein es kann ihn auch ein von einem einzigen Streifenhügel herkommender Anstoss in Action versetzen, und zwar um so vollständiger, je mehr die commissuralen Verbindungen zwischen seinen beiden Hälften ausgebildet sind. Dieser Theorie entsprechend kann also, wenn das Centrum für die Willensbewegungen oder wenn die betreffenden motorischen Leitungsbahnen einseitig zerstört sind, von der anderen Seite her immer noch ein Impuls an das gemeinsame Centrum gelangen, und von da aus gleichmässig auf die Nerven der beiden Körperseiten übertragen werden, wenn die beiden Hälften des Ursprungskernes vollständig verschmolzen sind — es

¹⁾ Broadbent, Brit. and foreign medic. Chir. Review, April 1866.

wird demnach keine Paralyse eintreten. Die Erregung wird aber auf die Nerven der afficirten Seite in demselben Maasse, wie diese transversalen Verbindungen weniger ausgebildet erscheinen, auch minder vollständig übertragen werden, in letzterem Falle wird sich ein entsprechender Grad von Lähmung zeigen.“

Die Erklärung, welche Broadbent für die verhältnissmässig geringe Affection der bilateral associirten Bewegungen bei Erkrankungen in den motorischen Hirntheilen gibt, ist nicht bloss auf die motorischen Rindencentren, welche nothwendigerweise durch den Streifenhügel nach abwärts wirken, anwendbar, sondern sie gilt ebenso für Läsionen, welche die Streifenhügel oder die motorischen Hirnschenkelbahnen treffen.

Unter der Einwirkung eines einzigen Streifenhügels können die verschmolzenen bilateralen Mittelhirn- und Rückenmarkscentren, je nach der Innigkeit ihrer Verbindung, vollständig in Action versetzt werden. Dies steht in vollem Einklange mit den klinischen Erfahrungen und lässt sich auch auf die associirten Bewegungen der Extremitäten bei den Vierfüssern anwenden. Für die Erklärung der vorübergehenden Lähmungen bei Hunden, im Gegensatz zu der dauernden Paralyse nach Zerstörung der motorischen Rindencentren beim Affen und beim Menschen, müssen wir allerdings etwas weiter gehen.

Wollten wir uns der Ansicht von Hermann anschliessen, dass die Wiederherstellung der Function beim Hunde gegen die Annahme einer motorischen Leistung der Grosshirnrinde spricht, wie sollten wir uns die beim Menschen und beim Affen beobachtete dauernde Lähmung erklären? Andererseits aber die motorische Function der Hirnrinde zugestanden, wie können wir uns die rasche Genesung in dem einen Falle, die dauernde Affection im anderen erklären?

Verschiedene Erklärungen lassen sich für diese Erscheinung geben und sind auch gegeben worden. Man könnte annehmen, dass durch die correspondirenden Rindencentren der anderen Hemisphäre, welche die Thätigkeit der ausser Function gesetzten Centren übernehmen, eine gewisse Compensation bewerkstelligt wird. Dass, soweit es sich um die bilateral associirten Bewegungen handelt, den Rindencentren und dem Streifenhügel der anderen Seite ein wesentlicher, compensatorischer Einfluss zukommt, halte ich mit Broadbent und nach den klinischen Erfahrungen für

unzweifelhaft. Man kann z. B. bemerken, dass in Fällen von Hemiplegie der Kranke, wenn man ihn auffordert, das gelähmte Bein aufzuheben, vollständig ausser Stande ist, dies auszuführen; verlangt man aber, dass er erst das gesunde, und dann das kranke Bein erhebe, so wird man oft an letzterem eine leichte Bewegung bemerken; ja ich habe unter dem Einflusse solcher wechselseitiger Willensimpulse das gelähmte Bein bis zu einer beträchtlichen Höhe erheben gesehen. Es liegt also hier ein deutliches Beispiel vor, wie der Willensimpuls von der gesunden Hemisphäre aus, durch Association motorische Nervenkerne in Erregung versetzen kann, welche sonst durch die erkrankte Hemisphäre innervirt wurden. Allein dieses compensatorische Eintreten der an der gesunden Hemisphäre gelegenen Rindencentren, welches wir hinsichtlich der bilateralen Bewegungen des Menschen annehmen können, genügt nicht, um die vorübergehenden Lähmungen zu erklären, welche wir beim Hunde beobachtet haben. Würde der Ersatz durch das entsprechende Centrum der anderen Seite geleistet, dann müssten wir erwarten, dass Exstirpation desselben bei einem wiederhergestellten Thiere auch die bei der ersten Rindenzerstörung aufgetretene Lähmung wieder herbeiführen wird. Allein Carville und Duret haben gezeigt, dass dies nicht der Fall ist. Sie entfernten einem Hunde die Centren für die linken Extremitäten; nach sechs bis acht Tagen war das Thier von der dadurch erzeugten Paralyse wieder geheilt. Nun wurden die correspondirenden Centren der linken Hemisphäre zerstört: es kam nur zur rechtsseitigen Paralyse, ohne dass eine solche auf der linken Seite von Neuem aufgetreten wäre. Dieser Versuch ist genügend, um die Theorie von einer Compensation durch die motorischen Centren der anderen Seite umzustossen.

Eine Thatsache, die sich aber viel schwerer mit den motorischen Functionen der Rindencentren vereinigen lässt, ist die wenigstens theilweise Wiederkehr der Fähigkeit zu Willensbewegungen in den Extremitäten, auch wenn die betreffenden Rindencentra an beiden Hemisphären zerstört worden waren. Anfangs macht das Thier ganz ungeordnete und fruchtlose Versuche, sich auf seine Beine zu stützen, die es aber nicht zu erhalten vermögen; jedoch nach einiger Zeit wird die Besserung bemerkbar, und schliesslich gelangt das Thier dahin, erträglich sicher zu stehen und zu gehen. Carville und Duret konnten

sich davon überzeugen, und wenn es auch mir nicht gelungen ist, die Thiere so lange am Leben zu erhalten, bis sich eine so beträchtliche Besserung herausgebildet hatte, so kann ich doch wenigstens das Auftreten spontaner Bewegungen bestätigen. Wie kann aber diese offenbare Willenscontrole über die Glieder wiedergewonnen werden, wenn die supponirten motorischen Willenscentren zerstört sind? Soltmann ¹⁾ meint, dass in solchen Fällen vielleicht das Kleinhirn vicariirend für die verlorenen Theile des Grosshirnes eintreten könnte, ohne aber seine Ansicht entsprechend zu begründen. Carville und Duret sind der Ansicht, dass diese Compensation vermittelt anderer Theile derselben Hemisphäre, welche nun die Function für die zerstörten Partien übernehmen, zu Stande komme, und glauben, dass diese Thatsachen die Aufstellung eines „Gesetzes der functionellen Substitution“, der Vertretung eines Theiles der Hirnrinde durch einen anderen, gestatte, entsprechend dem „*loi de suppléance*“ von Flourens, Longet und Vulpian. Wir können aber immerhin fragen, warum diese functionelle Substitution eines Centrums durch ein anderes, wenn sie begründet ist, sich nicht in der gleichen Weise beim Affen und beim Menschen äussern sollte. Wenn dieses Gesetz überhaupt besteht, dann darf es nicht allein für den Hund, es muss ebenso für den Affen und für den Menschen gelten; allein wir wissen, dass die Paralyse nach Zerstörung der motorischen Rindencentren beim Menschen und beim Affen unbegrenzte Zeit lang fortbesteht. Was wird nun aber aus dem Gesetze der functionellen Substitution? Diese Hypothese steht in geradem Widerspruche mit den Thatsachen einer Localisation der speciellen Functionen, wie solche durch die früher mitgetheilten und von Carville und Duret selbst bestätigten Versuche nachgewiesen wurde.

Hielten wir es für möglich, dass beispielsweise die Leistungen des Centrum für das Hinterbein im oberen Scheitelläppchen durch den benachbarten *Gyrus angularis* übernommen werden können, so hätten wir die ganz merkwürdige Substitution eines motorischen Centrum durch ein sensorisches: eine Rindenregion, welche den Gesichtswahrnehmungen dient, würde gleichzeitig auch Willensbewegungen vermitteln, gleichzeitig motorisches und sensorisches Centrum sein, falls nicht eine oder die andere

¹⁾ Soltmann, Jahrb. f. Kinderheilk. N. F. IX. Bd.

Function aufgehoben ist. Ebenso müssten wir nach dieser Hypothese, wenn sie begründet wäre, annehmen, dass ein motorisches Centrum für ein sensorisches eintreten kann.

Eine solche Erklärungsweise erscheint mir aber keineswegs berechtigter, als die Annahme, dass das Organ des Gesichtes die Functionen für das Gehörorgan übernehmen, und dass ein Nerv einmal motorisch, das andere Mal sensorisch sein, oder beide Functionen gleichzeitig versehen kann.

Soll dagegen durch dieses Gesetz der Substitution bloss ausgedrückt werden, dass nicht neue Centren an Stelle der verloren gegangenen gebildet werden, sondern dass die zurückbleibenden, ohne neue Leistungen zu übernehmen, den Verlust wenigstens bis zu einem gewissen Grade ersetzen, so lässt sich gegen eine solche Anschauungsweise weniger einwenden. Um aber die Erhaltung der Spontaneität und der Willenscontrole über die Glieder beim Hunde zu erklären, müssen wir einige Betrachtungen über die Functionen der Basalganglien anticipiren (vgl. Cap. X.).

Zerstörung des *Corpus striatum* (mit Einschluss der entsprechenden Hirnschenkelfasern) erzeugt beim Hunde eine viel vollständigere Hemiplegie, als dies nach Zerstörung der Rindencentren der Fall ist, und zwar eine dauernde Hemiplegie, gerade so wie beim Menschen und Affen. Die Extremitäten hängen schlaff herab, und das Thier kann sich weder auf den Beinen erhalten, noch dieselben beim Gehen gebrauchen. Beim Menschen und beim Affen hingegen ist dieser Unterschied im Grade der Lähmung, je nachdem der Streifenhügel oder die Rindencentren zerstört wurden, viel weniger prägnant und die Paralyse in beiden Fällen andauernd. Beim Kaninchen andererseits ist der Effect einer beiderseitigen Streifenhügellexstirpation wieder viel geringer als beim Hunde; denn es vermag sich noch in aufrechter Stellung zu erhalten, wenn auch die Vorderbeine schwach sind und leicht ausgleiten oder sich kreuzen. Das Vermögen der Locomotion ist nur sehr wenig beeinträchtigt, denn das Thier kann, wenn es gereizt wird, wiederholt hüpfen und springen.

Diese Differenzen erklären sich nur aus dem bereits wiederholt mitgetheilten Principe, dass die verschiedenen Thierclassen in ihren Mittelhirncentren von Geburt an mit einer in verschiedenem Grade ausgebildeten organischen Anlage für das Locomotionsvermögen ausgestattet sind. Diese Automaticität erlangt ihre

höchste Entwicklung beim Fische, beim Frosche und bei der Taube; in geringerem Grade beim Kaninchen und noch weniger bei der Katze und dem Hunde, während sie beim Menschen kaum mehr vorhanden ist. Je mehr die Controle über die Glieder zunächst von einer erlernten Willensthätigkeit abhängt und davon abhängig bleibt, um so ausgebildeter wird auch die Bewegungslähmung nach Zerstörung der Rindencentren sein. Daher erlangt diese beim Menschen und beim Affen, bei welchen die Willensthätigkeit überwiegt, und die automatischen Bewegungen nur eine untergeordnete Rolle spielen, einen so hohen Grad. In demselben Maasse aber, als die Bewegungen, statt durch den Willen geleitet zu werden, automatisch und gewissermassen organisirt werden, um so geringer sind die Folgeerscheinungen einer Rinderverletzung. Beim Hunde, bei welchem die Controle des Willens über die Glieder früh erlangt wird, sind daher die Erscheinungen nach Rindenzerstörung weniger scharf ausgeprägt; die Bewegungen werden gleichsam in den niederen Centren organisirt und dadurch zum grossen Theile der Herrschaft des Willens entzogen; das *Corpus striatum* ist jenes Centrum, in welchem die Bewegungen, welche zunächst dem Willen unterworfen sind, derartig organisirt werden.

Schon aus den oben angeführten Versuchen von Burdon-Sanderson geht hervor, dass die in den Rindencentren differencirten motorischen Bahnen sich im Streifenhügel nicht mehr trennen lassen. Er hat aber auch gezeigt, dass Reizung des Markkegels, welcher einem Rindencentrum entspricht, durch den Streifenhügel hindurch dieselben Bewegungen hervorruft, wie Reizung des Hirnrindencentrum selbst. Wir werden später beweisen, dass dem *Thalamus opticus* eine ähnliche Function hinsichtlich der sensorischen Centren zukommt. Im *Thalamus opticus* und im Streifenhügel wird die Association zwischen gewissen Eindrücken und bestimmten Bewegungen derartig mechanisch organisirt, dass wenn wir einem Hunde alle Centralgebilde nehmen, welche über den Basalganglien gelegen sind, diese letzteren an und für sich allein schon ausreichen, um bei Einwirkung äusserer Reize die coordinirten Locomotionsbewegungen anzuregen. In den drei niederen Thierclassen genügen, wie wir gesehen haben, schon die Mittelhirnganglien für diesen Zweck. Die grosshirnlose Taube ist dem Hunde, dem seine Grosshirnhemisphären fehlen, functionell

nicht analog, sondern dem Hunde, welcher noch seine Basalganglien besitzt. Unter diesen letzteren Verhältnissen hat der Hund nicht mehr Spontaneität als die Taube, welcher die ganzen Grosshirnhemisphären mangeln, und stellt, wie letztgenanntes Thier, nur ein Stück eines Mechanismus dar, der ausschliesslich in directer Antwort auf einen äusseren Reiz arbeiten kann.

Ein Hund, dem bloss die motorischen Rindencentren entfernt wurden, befindet sich aber in einer ganz anderen Lage. Er besitzt noch seine sensorischen Centren, er ist ein Thier mit Bewusstsein und Wahrnehmungen, mit Vorstellungen und Gefühlen (Cap. XI). Er stellt nicht bloss einen Mechanismus dar, dessen Leistung nur in Folge eines äusseren Reizes zu Tage tritt, er hat vielmehr in sich selbst die Quellen der Thätigkeit, und zwar in der mittelbaren Form von reproducirten Vorstellungen, er kann daher spontane Bewegungen ausführen. Indem aber den reproducirten Vorstellungen dasselbe anatomische Substrat zukommt, wie den Wahrnehmungen, indem dabei dieselben Gehirnthheile wie beim Bewusstsein werden der direct einwirkenden Reize in physiologische Action treten (§. 91), so können jene Vorstellungen auch denselben automatischen Bewegungsmechanismus anregen, wie die unmittelbaren Eindrücke. Beispiele einer solchen Wirkungsweise beobachten wir häufig bei Menschen unter dem Einflusse von Gemüthsbewegungen; die letzteren können, unabhängig vom Willen, die automatischen Centren in Erregung versetzen.

In solchen Fällen und bei dem seiner Rindencentren beraubten Hunde geschieht die Uebertragung des Erregungsvorganges von der Empfindungs- auf die Bewegungssphäre nicht wie gewöhnlich durch die motorischen Willenscentren der Rinde gegen den Streifenhügel hin, und von da aus weiter hinab gegen die motorischen Ursprungskerne und Nerven, sondern direct, mit Vermeidung der Hirnrinde, durch die Basalganglien.

Es kann also ein Hund, auch ohne seine motorischen Rindencentren, spontane, coordinirte Bewegungen unter dem Einflusse frischer oder reproducirter Eindrücke, oder einer Gemüthsbewegung ausführen; allein er ist dabei auf jene Bewegungen beschränkt, welche in den Streifenhügeln bereits automatisch organisirt sind; er wird z. B. anscheinend mit der gleichen Sicherheit wie früher zu gehen vermögen. Ungewohnte, noch nicht automatisch gewordene Bewegungen hingegen werden ihm unmöglich sein. Wir

können mit Entschiedenheit annehmen — und das Experiment wird dies einst auch wohl bestätigen — dass die Ausführung jedes besonderen Kunststückchens, welches ein Hund erlernt hat, durch Entfernung der Rindencentren ebenso vollständig paralytisch wird, wie die mannigfaltigen und complicirten Bewegungen von Arm und Hand beim Affen nach der gleichen Läsion. Diese Erklärungsweise für die anscheinende Wiederherstellung der Willensbewegungen beim Hunde, nach Entfernung seiner motorischen Grosshirncentren, scheint mir viel mehr mit den Versuchsergebnissen und mit den klinischen Beobachtungen übereinzustimmen, als die Hypothese einer functionellen Substitution des einen Rindencentrum durch ein anderes; letztere Anschauungsweise möchte allerdings für die Erklärung der Erscheinungen am Hunde genügen, es ergeben sich aber aus ihr für die anderen Fälle sehr auffallende Mängel und Widersprüche.

§. 74. Ich gehe nun über zur Besprechung der Ansichten, welche Nothnagel, Hitzig und Schiff über die Bedeutung dieser Rindengegenden geäußert haben. Die Affection der Motilität nach Zerstörung dieser Centren ist nach Nothnagel¹⁾ durch eine Vernichtung des „Muskelsinnes“ bedingt. Die Thatsache einer Wiederherstellung der Bewegung beweist seiner Ansicht nach, dass nicht die eigentliche „Endstation“ des Muskelsinnes zerstört wurde, sondern dass die Läsion der Rinde lediglich die centripetalen Leitungsbahnen unterbrochen hat, und dass diese Erscheinungen demnach denjenigen der Bewegungsataxie vergleichbar sind.

Hitzig²⁾ führt in der Erklärung seiner mit Fritsch ausgeführten Versuche diese Motilitätsstörung auf ein mangelndes Bewusstsein von dem Zustande der Glieder zurück — ähnlich wie in der *Tabes dorsalis*. — Da er die Motilität nicht vollkommen aufgehoben fand, so glaubte er, dass noch irgend eine motorische Leitung von der „Seele“ zum Muskel bestanden habe, während in der Leitung vom Muskel zur Seele irgendwo eine Unterbrechung vorhanden war. Möglicherweise, so schliesst er, betraf diese Unterbrechung die Endstation der hypothetischen Bahn für den Muskelsinn, jedenfalls hatte sie aber ihren Sitz an der Stelle des verletzten Centrum.

¹⁾ Nothnagel, Virch. Archiv, 57. B.

²⁾ Hitzig, Arch. v. Reichert und Du Bois, 1870.

In seiner zweiten Abhandlung ¹⁾ lässt er den Ausdruck „Muskelsinn“ fallen, und erklärt endlich in einem späteren Aufsatze ²⁾ die Erscheinungen, welche nach Zerstörung der Rindencentren auftreten, aus einem Verluste des „Muskelbewusstseins.“

Schiff ³⁾ hält die Bewegungen, welche sich bei Reizung der Rindencentren zeigen, für reflectorisch, und glaubt, dass die nach Zerstörung der genannten Hirntheile erfolgenden Bewegungsalterationen im Wesentlichen nur eine durch den Verlust der tactilen Sensibilität bedingte Ataxie darstellen. Zur Unterstützung dieser Ansicht betont er, dass solche Agentien, welche die Reflexerregbarkeit aufheben, auch die Erregbarkeit der Rindencentren vernichten, während die motorischen Nerven noch erregbar bleiben. Ich habe bereits (§. 51) meine Meinung über dieses Argument geäußert und gezeigt, dass die verschiedenen Theile der Nervencentren hinsichtlich ihres Erregbarkeitsgrades in der Chloroformnarcose wesentlich differiren.

Durch Versuche an niederen Thieren lässt es sich allerdings nicht entscheiden, ob vor dem Zustandekommen der Muskelcontraction eine Sensation angeregt wird; allein die Fälle von localisirten Convulsionen beim Menschen in Folge von Hirnrindenreizung sprechen entschieden gegen eine solche Anschauung. Denn man beobachtet, dass derartige umschriebene Convulsionen mit keiner anderen Wahrnehmung verbunden sind (oder eingeleitet werden), als mit solchen, wie sie überhaupt heftige Muskelcontractionen begleiten. Allein der entschiedenste Beweis für die Unhaltbarkeit der Hypothese von Schiff ist die That-
sache, dass die Empfindlichkeit gegen Berührung, Schmerz u. s. w. nach Zerstörung dieser Centren nicht im Geringsten beeinträchtigt erscheint. Niemand hat bei derartigen Läsionen, weder beim Menschen oder Affen, noch beim Hunde einen Mangel an Reaction auf tactile Reize beobachtet, welcher einen Verlust der Tastempfindlichkeit beweisen würde; so dass der Werth jener Argumente, welche Schiff zu Gunsten eines Verlustes der Sensibilität anführt, gegenüber den schwer wiegenden Anzeichen ihrer Integrität verschwindend wird. Weil Thiere mit zerstörten Rindencentren in

¹⁾ Arch. v. Reichert und Du Bois, 1873.

²⁾ Ibid. 1874.

³⁾ Schiff, Arch. f. experimentelle Pathologie u. Pharmacologie, 1874.

ihrem Verhalten hinsichtlich der Bewegungen solchen Thieren ähnlich sind, denen die hinteren Rückenmarksstränge durchschnitten wurden, und weil in diesem letzteren Falle die Ataxie in Folge von Verminderung oder Verlust des Contactgefühles eintritt; deshalb — so schliesst Schiff — muss auch die cerebrale Ataxie einer ähnlichen Ursache ihre Entstehung verdanken. Eine bloss e Aehnlichkeit ist aber keine Identität, selbst wenn sich diese Aehnlichkeit überall vollständig durchführen liesse. Allein für den Affen, bei dem keine Ataxie, sondern vollständige Lähmung vorhanden ist, gilt ja diese Aehnlichkeit gar nicht mehr, und die Erscheinungen am Hunde, welche Schiff für seine Ansicht anführt, sind offenbar nur auf eine nicht bis zur vollständigen Lähmung gediehene Parese zurückzuführen, ein Verhalten, welches bereits früher seine Erklärung gefunden hat.

Es kann demnach eine Ansicht, welche wie die von Schiff auf den schwachen Füßen einer bloss äusserlichen Aehnlichkeit ruht, und welche durch Thatsachen, wie die vollständige Bewegungslähmung bei Erhaltung der tactilen Empfindlichkeit am Menschen und Affen, sowie durch die Abhängigkeit des Tastsinnes von ganz anderen Hirntheilen, hinreichend widerlegt erscheint (§. 67), keineswegs aufrecht erhalten werden.

Hitzig und Nothnagel weichen von Schiff hauptsächlich darin ab, dass sie die Motilitätsstörungen nach Rindenläsionen auf einen Verlust der Muskelempfindlichkeit, und nicht der tactilen Empfindlichkeit zurückführen. Hitzig¹⁾ sagt von seinen Hunden: „sie hatten offenbar nur ein mangelhaftes Bewusstsein von den Zuständen dieses Gliedes, die Fähigkeit, sich vollkommene Vorstellungen über dasselbe zu bilden, war ihnen abhanden gekommen.“ Dieses Muskelbewusstsein setzt sich aus mehreren Factoren zusammen, hauptsächlich, wie er sagt, aus der Perception der Muskelzustände und in geringerem Grade aus den Empfindungen von den Gelenken, der Haut u. s. w.

In dem gewöhnlichen Sinne sehen wir also den Muskelsinn für abhängig von gewissen centripetalen Eindrücken an, die entweder durch die Muskelcontraction allein, oder durch diese in Combination mit gleichzeitigen Erregungen der Haut, der Fascien, Bänder und Gelenke angeregt werden. In solcher Weise fasst

¹⁾ Hitzig, Unters. über d. Gehirn. S. 60.

Nothnagel den Muskelsinn auf, und seiner Ansicht nach sind die motorischen Rindencentren für die Glieder gewissermaassen mit den centripetalen Bahnen für diese Empfindungen direct verknüpft, so dass nach Zerstörung dieser Centren die Bewegungsfähigkeit, in Folge des Verlustes oder der Abschwächung der die Muskelcontractionen begleitenden und sie regulirenden Sensationen, gehemmt wird. Hitzig spricht sich, mit Ausnahme der früher citirten Stellen, über den Zustand des Muskelbewusstseins nicht weiter aus; nachdem er aber auch wie Nothnagel die Affection der Motilität auf eine Störung im Gebiete des Muskelsinnes (Muskelbewusstseins) zurückführt, so muss man daraus schliessen, dass er diese Centren als den Sitz des genannten Sinnes ansieht.

Verlust des Muskelsinnes, ohne irgend welche andere Beeinträchtigung der Sensibilität, ist aber ein Zustand, dessen Existenz für gänzlich hypothetisch gelten muss. Weder Hitzig und Nothnagel, noch irgend ein anderer Forscher war im Stande, ein Beispiel von Verlust der gewöhnlichen Formen der Empfindlichkeit, sei es für tactile, thermische oder schmerzhaft Reize, nach Zerstörung der in Rede stehenden Rindencentren anzuführen. Wir haben ebenso wenig Recht zu sagen, dass der Muskelsinn allein verloren gegangen ist, wie dass der Tastsinn vernichtet ist. Bloss beim Hunde, bei der Katze u. dgl. gleicht die Bewegungsstörung der ataktischen, allein beim Menschen und Affen hält diese Aehnlichkeit schon nicht mehr Stand. Wir haben aber ausserdem gesehen, dass jener Zustand, welcher in Wirklichkeit als Verlust des Muskelsinnes oder Muskelbewusstseins aufgefasst werden darf, von der Zerstörung eines ganz anderen Hirnthheiles, nämlich der Ammonshornregion, des Centrum für die tactilen Wahrnehmungen, abhängig ist. Mit dem Verluste der Sensibilität für alle Arten von Hautreizen wird ein Zustand von Bewegungslähmung geschaffen, welcher aber, wie in der cerebralen Hemianästhesie, bloss durch den Verlust der die Bewegungen begleitenden und regulirenden Empfindungen bedingt ist. Die Muskelkraft bleibt in diesem letzteren Falle erhalten, allein es fehlt das Bewusstsein für die Stellung der Glieder, für den Contractionszustand der Muskeln, und ohne die Hülfe des leitenden Auges ist das Glied nur noch ein der Herrschaft des Bewusstseins entzogener Mechanismus. Es bleibt da nicht eine Spur eines Muskelsinnes übrig. Das Individuum ist nun nicht mehr im Stande — ausgenommen

mit Hülfe des Gesichtssinnes — die Ausdehnung seiner Bewegungen willkürlich einzurichten oder sie abzuschätzen; bei geschlossenen Augen kann es vielleicht eine Bewegung beabsichtigen und meinen, dass es dieselbe ausgeführt habe, während das Glied entweder gar nicht bewegt oder auf halbem Wege gehemmt wurde.

§. 75. Andererseits nehmen Bain ¹⁾ und Wundt ²⁾ das Vorhandensein eines Muskelsinnes oder eines Bewusstseins von den Muskelcontractionen an, unabhängig von jenen centripetalen Eindrücken, welche durch die Zusammenziehung des Muskels selbst hervorgerufen werden.

Bain, welcher diese Ansicht zuerst ausgesprochen hat, drückt sich in folgender Weise aus: „Da jene Nerven, die an die Muskeln gelangen, hauptsächlich motorische Nerven sind, durch welche die Muskelbewegungen von dem Gehirne und den Nervencentren aus erregt werden, sind wir entschieden der Meinung, dass die Empfindung, welche die Muskelbewegung begleitet, zusammenfällt mit dem in centrifugaler Richtung stattfindenden Ausströmen von Nervenenergie, und dass sie nicht wie bei einer einfachen Wahrnehmung durch eine, vermittelt der centripetalen oder sensorischen Nerven nach dem Centrum geleitete Erregung bedingt wird.“ Nach dieser Hypothese würden die motorischen Centren und die motorischen Nerven gleichzeitig die Medien zur Erzeugung einer Muskelcontraction und andererseits zum Zustandekommen des Bewusstwerdens der ausgelösten Muskelkraft darstellen.

Allein diese Theorie, dass die motorischen Nerven auch die Leitungsbahnen für die durch die Muskelcontractionen geschaffenen Eindrücke seien, wird weder durch physiologische, noch durch pathologische Beweise gestützt. In solchen Fällen, in welchen der Muskelsinn abgeschwächt oder verloren ist, also hauptsächlich bei der Ataxie, erscheinen weder die peripheren motorischen Nerven, noch die motorischen Rückenmarksstränge von der Erkrankung ergriffen, und trotz dieser Integrität der motorischen Bahnen bemerken wir eine auffallende Affection des Muskelsinnes. Man könnte allerdings sagen, dass in solchen Fällen der Mangel des Muskelbewusstseins auf die Abwesenheit derartiger Empfindungen zurückzuführen sei, welche unter gewöhnlichen Verhält-

¹⁾ Bain, *The Senses and the Intellect*. 1864.

²⁾ Wundt, *Physiolog. Psychologie*, 1874.

nissen mit den Muskelcontractionen associirt sind, und welche daher auch die Erkenntniss der muskulären Zustände unterstützen, nicht aber die essentielle Basis des Muskelsinnes selbst darstellen. Wenn aber der gänzliche Verlust der verschiedenen Empfindungsformen in einem Gliede in der That den Muskelsinn vernichtet, so müssen wir nach dem Principe: *entia non sunt multiplicanda* die Existenz eines Muskelsinnes überhaupt in Abrede stellen, wofern nicht nachgewiesen werden kann, dass wir, unabhängig von einer wirklichen Muskelcontraction und deren Ausdehnung, ein Bewusstsein von einer muskulären Kraftleistung haben. Dies ist das einzige Verhältniss, bei welchem die anderen centripetalen Eindrücke von dem Muskel, der Haut, den Bändern u. s. w. ausgeschlossen werden können. Die Existenz eines solchen Kraftbewusstseins unter derartigen Bedingungen wird allerdings durch mancherlei Thatsachen scheinbar bewiesen.

Unter den angeführten Beweisen sind aber solche, denen von vorneherein nur wenig Werth zukommt. Dieser Art sind die Versuche von W. Arnold ¹⁾. Arnold schnitt die hinteren Nervenwurzeln für ein Bein beim Frosche ab und bemerkte, dass das Thier, wenn er es springen liess, das operirte Bein anscheinend mit derselben Präcision und Energie gebrauchte, wie das gesunde. Daraus schloss er, dass das Thier noch das Bewusstsein für die Muskelkraft behalten haben musste; denn im entgegengesetzten Falle hätte es sein Glied nicht in der angegebenen Weise gebrauchen können. Allein wir wissen, dass die Präcision der Locomotionsbewegungen beim Frosche auch nach gänzlicher Entfernung des Grosshirnes vollständig erhalten bleibt, und dass bei diesen Thieren durch einen einseitigen Hautreiz die bilaterale Reflexaction in den Gliedern leicht angeregt werden kann. Eine psychische Erkenntniss aber, eine Function, welche nur den Grosshirnhemisphären zukommt, bildet bei der Coordination der Locomotionsbewegungen des Frosches keinen wesentlichen Factor. Arnold's Versuch ist weiter nichts als ein ganz gewöhnliches Beispiel bilateral coordinirter Reflexaction und kann ebenso gut an einem grosshirnlosen, aller psychischen Fähigkeiten baaren Frosche gezeigt werden. Es führt demnach, wie ich glaube, zu

¹⁾ Arnold, die Verrichtungen der Wurzeln der Rückenmarksnerven. Heidelberg 1844.

vollständig unrichtigen Resultaten, aus den Reflexactionen des Frosches auf die psychischen Erkenntnissvorgänge im Menschen zu schliessen. Wesentlicher in dieser Frage sind einige von Wundt ¹⁾ angeführte Fälle von Hemiplegie beim Menschen: „Ob die Empfindungen, welche die Zusammenziehung der Muskeln begleiten, in den nämlichen Nervenfasern entstehen, die den Bewegungsimpuls vom Gehirne zu den Muskeln überführen, oder ob besondere empfindungsleitende Nervenfasern in den Muskeln existiren, lässt sich nicht mit Bestimmtheit entscheiden. Es gibt aber einige Thatsachen, welche die erste Annahme wahrscheinlicher machen, als die zweite. Wären nämlich besondere empfindungsleitende Nervenfasern vorhanden, so müssten diese Fasern wohl auch mit besonderen centralen Zellen verknüpft sein. Es würden also wahrscheinlich auch andere Centralorgane für die Auffassung der Bewegungsempfindungen bestehen, als für die Aussendung der Bewegungsimpulse. Es wären zweierlei von einander unabhängige Nervenverbindungen vorhanden, die eine vom Centrum nach der Peripherie gerichtet, die andere von der Peripherie nach dem Centrum. Für die letztere, die Nervenverbindung der Empfindungen, könnte nicht wohl etwas anderes den empfindungserzeugenden Reiz bilden, als die in den Muskeln geschehenden Veränderungen, also etwa die Zusammenziehung oder vielleicht auch der die Zusammenziehung begleitende elektrische Vorgang im Muskel und seinen Nerven. Auch der letztere hält übrigens, wie schon früher auseinandergesetzt wurde, im Allgemeinen gleichen Schritt mit der Energie der Muskelverkürzung. Es müsste also erwartet werden, dass die Muskelempfindungen immer zu- und abnehmen mit der äusseren oder inneren Arbeit, die der Muskel leistet. Dies ist nun aber nicht der Fall, sondern die Stärke der Muskelempfindungen ist lediglich abhängig von der Stärke des Bewegungsimpulses, der von dem Centralorgan ausgeht, das die Bewegungsnerven in Innervation versetzt.“ Wundt führt dann Beispiele an, in welchen der Kranke am Bein oder Arm halb gelähmt war, so dass er nur noch mit grosser Anstrengung das Glied bewegen konnte, und doch eine deutliche Empfindung von dieser Anstrengung hatte, obwohl das Glied nur sehr geringe Arbeit leistete. Daraus könnte man viel-

¹⁾ Wundt, Menschen- und Thierseele.

leicht den Schluss ziehen, dass das Bewusstsein der geleisteten Anstrengung unabhängig von der Muskelcontraction selbst ist. Ich könnte noch aus eigener Erfahrung ähnliche Fälle von Hemiplegie hier anführen. So habe ich beobachtet, dass Kranke, welche an vollständiger Lähmung in Folge von Erkrankung des Streifenhügels litten, dennoch angaben, dass sie die Empfindung hätten, eine beträchtliche Kraft anzuwenden, wenn man ihnen auftrag, das gelähmte Glied zu bewegen, obwohl dieses vollständig bewegungslos blieb.

Wenn wir den Fall einer unvollständigen Lähmung zuerst betrachten, so finden wir eine einfache Erklärung für das Gefühl einer scheinbar grossen Kraftleistung, trotz der nur schwachen Bewegungen, in jenen Associationen, welche durch frühere Uebung ausgebildet wurden. Eine schwache, aber schwierige Bewegung wird in Folge unserer Erfahrung in Zusammenhang gebracht mit einem grossen Widerstand bei dem Heben eines bedeutenden Gewichtes und muss daher, wenn auch in der That kein solches Gewicht gehoben wird, in unserem Bewusstsein eine ähnliche Vorstellung erzeugen. Daher glaubt der Kranke, der seine Glieder nur wenig und schwierig bewegen kann, dass sein Arm mit Blei oder mit einer anderen schweren Substanz belastet sei.

Diese objective Projection von rein subjectiven Associationen zeigt sich deutlich bei der Parese der Augenmuskeln. Wenn der *Rectus externus* paretisch ist, so erscheinen dem Kranken die gesehenen Gegenstände häufig viel weiter nach aussen zu liegen, als dies in Wirklichkeit der Fall ist. Die Zeit, welche nothwendig ist, damit der geschwächte Rectus sich contrahirt, würde unter normalen Verhältnissen einer grösseren Excursion entsprechen, also einer grösseren lateralen Distanz des Objectes; daher wird denn, in Folge einer Association, diese subjective Empfindung nach aussen als grössere Distanz des Objectes projecirt. Es ist dies eine rein musculo-optische Illusion, die jenen optischen Distanztäuschungen analog ist, welche durch künstliche Verkleinerung des Objectes entstehen, wenn wir z. B. bei der Objectivlinse in ein Fernrohr hineinblicken.

In jenen Fällen aber, wo trotz der vollständigen Paralyse, die Empfindung einer von dem Kranken geleisteten Kraft bei dem Versuche, sein gelähmtes Glied zu bewegen, noch fortbesteht, können subjective Associationen diese Erscheinungen nicht er-

klären, und man könnte daher auf den ersten Blick verleitet sein, in den letzteren einen wichtigen Beweis dafür zu sehen, dass ein Kraftbewusstsein bei dem centralen Mechanismus der motorischen Impulse betheiligt sei.

Bevor wir aber eine solche Anschauungsweise adoptiren, müssen wir in der That alle Bewegungen vollständig ausschliessen. Wenn nun der hemiplegische Kranke, trotzdem er sein gelähmtes Glied nicht bewegen kann, das Gefühl einer geleisteten schweren Arbeit hat, so werden wir bemerken, dass er dennoch irgend welche beträchtliche Muskelbewegungen ausführt. Vulpian hat die Aufmerksamkeit auf eine Thatsache gelenkt, welche ich häufig bestätigen konnte, dass nämlich ein hemiplegischer Kranker, wenn er seine gelähmte Faust schliessen will, bei den Versuchen, es auszuführen, dies unbewusst mit der gesunden Hand thut. Es ist in der That ganz unmöglich, eine solche Quelle von Complicationen zu vermeiden, und so lange darauf keine Rücksicht genommen wird, so können solche Fälle zu ganz irrigen Schlüssen über den Ursprung des Kraftsinnes führen. In dem letzten Falle, wo wir neben Muskelcontractionen nur die begleitenden centripetalen Eindrücke gefunden haben, sind, wenn auch die Action allerdings nicht die gewünschte war, die Bedingungen für das Bewusstwerden einer Kraftleistung gegeben, ohne dass wir gezwungen wären, dieses von einer centralen Innervation oder von dem centrifugalen Erregungsvorgange abhängig zu machen.

Wir können aber leicht einen sehr einfachen Versuch anstellen, welcher für die Erklärung des Kraftsinnes von wesentlicher Bedeutung ist und wobei jene unwillkürlichen Contractionen der anderen Seite, welche Hemiplegische zu machen pflegen, vollständig ausgeschlossen sind. Wenn wir unseren rechten Arm horizontal ausstrecken und dessen Zeigefinger so halten, als ob wir eine Pistole losdrücken wollten, so können wir, ohne unseren Finger wirklich zu bewegen, einzig nur durch die Intention, es zu thun, die Vorstellung einer geleisteten Kraftanstrengung erwecken. Wir haben also hier anscheinend den klaren Fall einer Kraftempfindung ohne wirkliche Contraction der Muskeln der einen oder anderen Hand und ohne eine merkbare körperliche Anstrengung. Wenn wir aber diesen Versuch noch einmal anstellen und dabei unsere Aufmerksamkeit sorgfältig auf die Respirationsverhältnisse richten, so werden wir bemerken, dass dieses Gefühl einer Anstrengung

mit der Fixation der Brustmuskeln zusammenhängt, und dass in gleichem Verhältnisse mit der Kraftsumme, welche wir geleistet zu haben meinen, unsere Glottis geschlossen und die Respirationsmuskeln activ contrahirt werden. Bringen wir unsere Finger wieder in dieselbe Lage und athmen dabei ruhig fort, so werden wir finden, dass, obwohl wir unsere Aufmerksamkeit auf den Finger richten, nicht die leiseste Spur einer Kraftempfindung zu Stande kommt, solange nicht der Finger selbst activ bewegt wird, und dann betrifft die Empfindung lediglich die in Action tretenden Muskeln. Einzig und allein, wenn dieser wesentliche und immer gegenwärtige respiratorische Factor, wie es oft geschehen ist, übersehen wird, kann der Kraftsinn mit irgend einem Grade von Berechtigung dem centrifugalen Erregungsvorgange zugeschrieben werden. In der Contraction der Respirationsmuskeln finden wir also den Ausgangspunkt für centripetale Eindrücke, welche dem Kraftsinn zur Grundlage dienen können. Wenn diese activen Anstrengungen unterdrückt werden, so kommt keine andere Kraftempfindung zu Stande, als insoweit sie durch die locale Contraction jener Muskelgruppe, auf welche die Aufmerksamkeit gerichtet ist, oder durch andere, unwillkürlich ins Spiel tretende Muskelcontractionen bedingt ist.

Ich kann keinen einzigen Fall finden, in welchem das Bewusstwerden einer geleisteten Kraft nicht auf die eine oder die andere angegebene Weise erklärt werden könnte; immer ist es in der Thatsache einer wirklichen Muskelcontraction begründet. Dass diese Kraftwahrnehmung abhängt von gewissen durch die Contraction selbst erzeugten centripetalen Eindrücken, habe ich bereits nachzuweisen versucht. Wenn die centripetalen Bahnen oder die dazu gehörigen cerebralen Centren zerstört werden, so wird auch der Muskelsinn vollständig vernichtet. Wir haben ferner bereits klar nachgewiesen, dass die Centralorgane für die Wahrnehmung der durch die Muskelcontraction erzeugten Eindrücke wesentlich andere sind, als jene, von welchen die motorischen Erregungen ausgehen. Aber wenn Wundt glaubt, dass dem nicht so sein könne, weil sonst die Intensität der Empfindung immer gleichen Schritt mit der Energie der Muskelcontraction halten müsse, so übersieht er eben die wesentliche Bedeutung, welche dabei der Fixation der Respirationsmuskeln zukommt, worin ja die Grundlage des allgemeinen Kraftsinnes in allen seinen verschiedenen Graden zu suchen ist.

Zunächst ist das Bewusstwerden der Ausdehnung und der Kraft unserer Muskelcontraction sowie die Fähigkeit, die Muskelzustände zu unterscheiden, von den centripetalen Eindrücken herzuleiten, welche durch die Muskelcontraction selbst bedingt sind. Durch Uebung wird aber die Association der sensorischen Eindrücke mit den entsprechenden Bewegungen so präzise, und dieses Band zwischen beiden so fest geknüpft, dass wir anscheinend durch unmittelbare Anschauung genau den Grad und die Ausdehnung einer Bewegung, welche zu einem gewünschten Zwecke nothwendig sind, abschätzen. Es ist ferner möglich, durch Reproduction eines sensorischen Eindruckes jene Bewegung, welche mit ihm zusammenfiel, wieder vor's Bewusstsein zu rufen, selbst dann, wenn die Muskeln, auf welche sich diese Bewegungsvorstellung bezieht, vom Körper losgetrennt sind.

Weir-Mitchell¹⁾ gibt zahlreiche bemerkenswerthe Beispiele dieser Art: „Wenn wir einen Nervenstumpf an seinem freien Ende oder oberhalb desselben faradisiren, so können wir eine Empfindung hervorrufen, als ob die verlorenen Finger gebeugt oder gestreckt würden; ja, was noch merkwürdiger ist, Theile, für die das Bewusstsein allerdings erhalten ist, welche aber Jahre hindurch nicht bewegt wurden, können sich zum grössten Erstaunen des Menschen scheinbar bewegen. Ich habe in einem Falle derartig die Nerven gereizt, dass der Daumen, welcher Jahre lang beständig und kräftig gegen die Hohlhand gebeugt war, vollständig ausgestreckt wurde. Sobald ich den Strom unterbrach, ohne den Kranken zuvor zu unterrichten, rief dieser aus, dass sein Daumen wieder gegen die Hohlhand drücke, und immer erhielt ich dasselbe Resultat, wenn ich die Conductoren in der Weise verschob, dass der Strom die Nerven nicht mehr traf. Bei einem Kranken mit Amputation des Oberarmes nahe am Schultergelenk, in welchem Falle seit Langem alle Empfindung von Seiten des verlorenen Gliedes erloschen war, faradisirte ich plötzlich den *Plexus brachialis*, und der Kranke rief aus: „Meine Hand ist wieder da, sie ist ganz gebeugt und schmerzt mich.“ Diese Eindrücke wurden von dem Kranken genau beschrieben: Faradisation des *Radialis* oder *Ulnaris* erzeugte die Empfindung einer Bewegung in den vom betreffenden Nerven versorgten Theilen. Es ist natürlich

¹⁾ Weir-Mitchell, Injuries of nerves, pag. 359.

unmöglich, dass die gereizten motorischen Nerven eine Erregung in centripetaler Richtung geleitet haben, und wir müssen daher schliessen, dass die Reizung der sensorischen Stümpfe im Bewusstsein den Eindruck einer Muskelaction hervorrufen kann.“

Weir-Mitchell hat die Erklärung für diese eigenthümlichen Erscheinungen ganz richtig angedeutet. Die Erregung der sensorischen Nerven ruft die Vorstellung der dazu gehörigen Bewegungen vor's Bewusstsein, d. h. jener Bewegungen, welche im Laufe der früheren Erfahrungen wirklich mit dem nun durch den faradischen Strom erregten Sensationen zusammenfielen. Dies ist an und für sich schon ein gewichtiges Argument zu Gunsten des centripetalen Ursprungs jener Bewegungsempfindungen. Nach Bain's Gesetz der Association „Law of Contiguity“ verschmelzen Handlungen, Wahrnehmungen und Gefühlszustände, welche gleichzeitig oder unmittelbar nacheinander auftreten, derartig, hängen so fest miteinander zusammen, dass wenn späterhin nur eines von ihnen vor die Seele tritt, die anderen leicht auch im Bewusstsein reproducirt werden. Die mit einer bestimmten Wahrnehmung associirte Bewegungsvorstellung wird also dann von Neuem vor das Bewusstsein gelangen, wenn diese letztere künstlich wieder erregt wird. Es ist aber die materielle Projection der sensorischen Eindrücke in der Hirnrinde anatomisch von jener der Bewegungen getrennt, und bloss durch die wiederholte Erfahrung und Association wird zwischen beiden ein organisches Band geschaffen. Wir haben ein Gedächtniss für Wahrnehmungen und ein Gedächtniss für Bewegungen, und beide sind organisch voneinander getrennt; allein wir haben auch — vermittelt der Association — ein Gedächtniss für Sensationen, welche combinirt sind mit Bewegungen. Auf diese Weise entsteht das complicirtere Gedächtniss für die musculo-sensorischen Erkenntnisse.

Und gerade so wie durch Erregung des sensorischen Theiles dieses Nexus die damit associirten Bewegungen wieder vor's Bewusstsein treten, so können wir auch theoretisch annehmen, dass die Erregung des motorischen Theiles eine Reproduction der damit verbundenen Sensationen bedingt. Weir-Mitchell hat ebenfalls gezeigt, dass dies in Wirklichkeit so eintritt. „Personen, welchen der Arm amputirt wurde, sind häufig im Stande, eine Bewegung mit der zugehörigen Hand zu intentiren, und anscheinend bis zu einem gewissen Grade auszuführen; Einige haben gleichsam

eine vollständige, schmerzlose Beweglichkeit in allen Theilen der verlorenen Hand. Sie sagen z. B.: Jetzt ist meine Hand offen, jetzt geschlossen; ich berühre den Daumen mit dem kleinen Finger, und nun ist meine Hand in der Stellung des Schreibens u. s. w. Zwischen derartigen Fällen und solchen, in denen die Empfindung von einem unbeweglichen Gliede vorhanden ist, finden sich alle Zwischengrade anscheinender Beweglichkeit, und nebenbei ebenso verschiedene Grade der damit zusammenhängenden Schmerzen, die vielleicht bei denen am stärksten sind, welche mit Anstrengung eine Bewegung intentiren, deren Ausführung ihnen nicht gelingt“ (op. cit. pag. 357).

In manchen derartigen Fällen bleiben die Muskeln, welche zur Bewegung der Hand dienen, theilweise erhalten; da von diesen centripetale Eindrücke ausgehen können, so müssen solche Fälle ausgeschlossen werden. „In anderen aber, z. B. bei Enucleation im Schultergelenke, oder bei Amputation des Oberarmes sind die Muskeln für die Handbewegungen vollständig entfernt worden; und auch dann noch besteht ein klares und bestimmtes Bewusstsein von Bewegungen der Finger, von Veränderungen ihrer Lage, gerade so wie in den früheren Fällen.“ Weir-Mitchell glaubt, dass solche Thatsachen die Ansicht von Bain unterstützen, nach welcher bei den wirklichen Willensacten, unabhängig von sensorischen Eindrücken, gleichzeitig der Kraftaufwand und die Extension dieser Bewegung vor das Bewusstsein treten. Eine ähnliche Meinung wird von Hughlings-Jackson¹⁾ ausgesprochen. Allein dieser Vorgang ist der Reproduction einer Bewegungsvorstellung, wenn die betreffende Empfindung vor das Bewusstsein tritt, vollständig analog. Hier wird nur umgekehrt eine Bewegung intentirt, und die entsprechende Empfindung von der Stellung und Lage der Finger kommt zum Ausdruck. Dies ist allerdings nur die Reproduction einer früher stattgefundenen Wahrnehmung, die von dem Bewusstwerden der wirklich vorhandenen, gegenwärtigen Verhältnisse der Muskeln wohl zu unterscheiden ist. Allein es ist kein Grund vorhanden, weshalb wir die früheren Bewegungsvorstellungen und die damit verbundenen Sensationen, wenn das betreffende Glied amputirt wurde, nicht ebenso gut in unserem Bewusstsein reproduciren sollten, wie Gesichtsvorstellungen, nach-

¹⁾ Brit. med. Journ. 1875. 9. Oct.

dem die Augen extirpiert worden sind. Nach Zerstörung der Augen können wir nicht mehr sehen, ebenso sind wir nach der Amputation eines Gliedes nicht mehr im Stande, von diesem aus frische Bewegungsvorstellungen zu erlangen, wir behalten, ohne Neues dazu zu gewinnen, nur das, was wir bereits früher erworben haben; allein meiner Ansicht nach ist das Bewusstwerden von der Kraft und der Extension der Bewegungen, ob wir diese nun wirklich ausführen, oder bloss in der Vorstellung reproduciren, immer das Ergebniss centripetaler Eindrücke. Bei einer wirklichen Bewegung stammen diese Eindrücke direct von der Peripherie her, bei bloss vorgestellten Bewegungen bilden sie sich durch die associirte Erregung solcher Centren, in welchen die primär von der Peripherie ausgehenden Eindrücke gleichsam dauernd registrirt sind. (Vergl. Cap. XI.)

Die Rindencentren für die Muskelbewegungen stehen zunächst nur in Beziehung zu centrifugalen Impulsen, sie sind anatomisch wohl getrennt von den Centren und Bahnen für die centripetalen Eindrücke, auf welchen das Muskelbewusstsein (*muscular discrimination*) beruht. Die Zerstörung der sensorischen Centren vernichtet also das Muskelbewusstsein, ohne die Bewegungsfähigkeit direct zu schädigen, während die Zerstörung der motorischen Centren das Vermögen zu Willensbewegungen aufhebt, und damit auch das Zustandekommen von Bewegungsvorstellungen hindert, wobei aber die Zuleitung und Wahrnehmung centripetaler Eindrücke nach wie vor ungehindert vor sich geht.

§. 76. Einen entscheidenden Beweis für die Abhängigkeit des Muskelbewusstseins von centripetalen Eindrücken würden wir haben, wenn es gelänge, unwiderleglich nachzuweisen, dass auch dann Bewegungsvorstellungen zu Stande kommen, wenn die Muskeln künstlich durch den elektrischen Strom zur Bewegung angeregt werden. Derartige Versuche hat Bernhardt ¹⁾ angestellt, doch kam er in Anbetracht der Schwierigkeit, die Hautempfindungen gänzlich auszuschliessen, zu keinem positiven Resultate. Er ist zwar geneigt, den „Kraftsinn“ als eine Function der Seele, welche durch gewisse centripetale Eindrücke bloss unterstützt wird, anzusehen; doch zeigen seine Versuche, dass Gewichtsunterschiede auch dann noch erkannt werden, wenn

¹⁾ Bernhardt: Zur Lehre vom Muskelsinn, Arch. f. Psych. III.

die Muskeln auf elektrischem Wege zur Contraction gebracht werden.

„Gesunde Menschen unterscheiden in dieser Feinheit aber auch, wenn die Beugung des Fingers und damit das Heben der Gewichte durch den elektrischen Strom bedingt war“ (p. 630).

Nach dem Weber'schen Gesetze der Hautempfindlichkeit für Druckunterschiede muss ein Drittheil des ursprünglichen Gewichtes, wie gross letzteres auch sein mag, weggenommen werden, um einen deutlich wahrnehmbaren Unterschied zu erzeugen ¹⁾.

Allein in Bernhardt's Versuchen am Fusse zeigte sich die Hinzufügung von 3 bis 5 Loth zu einem ursprünglichen Gewichte von 1 bis 1½ Pfund genügend, um deutlich percipirt zu werden; es erschien also weniger als die Hälfte jenes Zuwachses, welcher für die cutane Unterscheidbarkeit erforderlich gewesen wäre, hinreichend.

Am Finger fand er die Empfindlichkeit für einen Gewichtszuwachs noch feiner; „und zwar wurden schon 3 Quentchen von 0, absolut richtig 5 Quentchen von 0 unterschieden, und bei Zusätzen zu schweren Anfangsgewichten bedurfte es ebenfalls nicht mehr als 5 Quentchen oder höchstens 1 Loth, um stets richtige Resultate zu erhalten.“ Wir sehen also, dass die Empfindlichkeit für die Unterscheidung verschiedener Gewichte bei der angegebenen Versuchsmethode immer noch viel feiner ist, als die cutane Druckempfindlichkeit, und dass jene daher vom Muskelgeföhle abhängen muss.

Versuche welche ich in dieser Frage mit Beihölfe von Dr. Lauder-Brunton angestellt habe, ergaben Resultate, die mit Sicherheit das Vorhandensein von Bewegungsempfindungen bei galvanischen Muskelcontractionen nachwiesen. Die von mir angewandte Methode war folgende: Zuerst legte ich mit verbundenen Augen meine Hand flach auf ein Kissen und versuchte verschiedene Gewichte, welche auf die Hand gestellt wurden, zu

¹⁾ Weber selbst macht in seinen verschiedenen Veröffentlichungen hierüber sehr differirende Angaben. Das hier acceptirte Verhältniss von 3:2 ist auf die von Fechner aus Weber's *Programmata collecta* mitgetheilten Versuchsreihen gegründet, während in Weber's classischem Aufsätze „Der Tastsinn und das Gemeingeföhle“ (Wagner's Handwörterbuch) ein Verhältniss von 29:30 angegeben wird. (Vergl. Wundt, Physiologie.)

unterscheiden; hierauf beugte ich die Hand im Handgelenke derart, dass das Gewicht mit dem Finger gehoben wurde, um den Kraftsinn zu prüfen. Wiederholte Versuche mit verschiedenen Gewichten von 1 bis 6 Unzen lehrten, dass die Unterschiedsempfindlichkeit für den Drucksinn der Haut ungefähr $\frac{1}{3}$ war, während sich für das Muskelgefühl ein Mittel von etwa $\frac{1}{17}$ ergab. Nun wurden die gleichen Versuche mit derselben Hand abermals angestellt, und zwar rücksichtlich der cutanen Druckempfindlichkeit einerseits, andererseits aber mit galvanischer Contraction der Flexoren der Hand, in der Weise, dass die Gewichte wiederholt mittelst der Finger gehoben wurden; und auch diesmal ergaben sich sowohl für den Drucksinn als auch für den Kraftsinn fast genau die gleichen Resultate wie bei der willkürlichen Fingerbeugung.

Es ist demnach klar, dass das Muskelbewusstsein nur durch die centripetalen Eindrücke, welche in Folge der Muskelcontraction entstehen, und vollkommen unabhängig vom Willensimpulse, zu Stande kommt.

Eine weitere wichtige Thatsache, welche Leyden ¹⁾ anführt, ist die, dass atactische Kranke, welche angeblich trotz des Verlustes der Hautsensibilität noch ihr Muskelbewusstsein erhalten hatten, nicht im Stande waren, Gewichte, wenn sie nicht sehr beträchtlich waren, zu unterscheiden. Man führte diesen Umstand lediglich auf eine Abschwächung des „Kraftsinnes“ zurück, in Anbetracht des Mangels der in der Regel mitwirkenden Druckempfindungen. Allein ich bin der Ansicht, dass bei der Unterscheidung schwerer Gewichte die allgemeine Empfindung einer Anstrengung, welche, wie wir gesehen haben, von den Respirationsmuskeln ausgeht, mit in Rechnung zu ziehen ist; dass also hier die Empfindung durch die zum Tragen des Gewichtes nothwendige Kraftanstrengung und Fixation der Brustmuskeln zu Stande kommt; und dass, so lange nicht diese Fehlerquelle durch fortgesetzt ruhiges Athmen während des Versuches ausgeschlossen wird, wir es hier gar nicht mit dem Muskelsinne des Gliedes selbst zu thun haben. Wenn wir aber diese von den Respirationsmuskeln abhängigen Eindrücke ausschliessen, so werden wir uns überzeugen, dass lediglich die Empfindung des localen Widerstandes der einzige Factor bei der Unterscheidung von Gewichten ist.

¹⁾ Leyden, Virch. Archiv, 47. B.

§. 77. Unter den Bewegungen, welche durch elektrische Reizung der vorderen oder motorischen Hirnrindenabschnitte angeregt werden können, zeichnet sich eine, welche von Punkt 12 des Affengehirnes oder von den entsprechenden Stellen beim Hunde und Schakal erzeugt wird, durch ihren besonderen Charakter aus. Kopf und Augen werden nach der entgegengesetzten Seite gewendet und gleichzeitig die Pupillen weit dilatirt. Beim Schakal kommt ausserdem der Kopf dabei in eine Stellung, welche für den Ausdruck fixirter Aufmerksamkeit ganz charakteristisch ist. Auch beim Affen entspricht diese Stellung dem Ausdrucke erregter Aufmerksamkeit, oder der Ueberraschung. Es ist demnach sehr wahrscheinlich, dass dieses Centrum bei der Ausführung von Bewegungen, welche zum Ausdrucke aufmerksamer Beobachtung dienen, theilhaftig ist. Der associirten Thätigkeit des in Rede stehenden Centrum schreibe ich den grössten Theil der bei Reizung der obersten Schläfenwindung des Affen auftretenden motorischen Reaction zu. Ausser der raschen Retraction des Ohres, dem besonderen Reflexzeichen einer subjectiven Gehörs-wahrnehmung, drehte das Thier meist auch Kopf und Augen nach der anderen Seite hin, womit ein rasches Zuwenden der Aufmerksamkeit gegen die Quelle des Tones angedeutet wird. Aehnliche Bewegungen wurden, wenn auch nicht in allen Fällen, bei Katzen, Hunden u. dgl. durch Reizung verschiedener sensorischer Centren erhalten, wenn die Reaction lebhaft und ein Zustand grösserer Empfänglichkeit, gesteigerter Aufmerksamkeit für Sinneseindrücke vorhanden war. Obwohl diese Wahrnehmungen nur einen centralen Ursprung hatten, so wurden sie doch selbstverständlich von dem Thiere auf äussere Ursachen bezogen und dem entsprechend die Aufmerksamkeit darauf gerichtet.

Der Effect einer gleichzeitigen Reizung der correspondirenden Centren in beiden Hemisphären konnte experimentell nicht beobachtet werden. A priori dürften wir aber keine Convergenz der Augen erwarten, sondern viel eher Fixation der Bulbi mit erweiterten Pupillen, bei Accommodation für die Ferne. Die Bewegungen der beiden Augen sind naturgemäss derart mit einander associirt, dass, während das eine sich nach aussen wendet, das andere nach innen geht; aus der gekreuzten Wirkung der Hemisphären muss man aber schliessen, dass die Bewegung nach aussen, beziehungsweise nach der anderen Seite hin, als das Primäre

anzusehen ist. Dies wird ausserdem noch durch die laterale Deviation der Augen bei Hemiplegischen bestätigt. Bei rechtsseitiger Hemiplegie in Folge von Hämorrhagie in die linke Hemisphäre wenden sich Kopf und Augen zunächst nach links, nach der nicht gelähmten Seite. Es ist leicht einzusehen, dass diese Deviation von den motorischen Centren der rechten Hemisphäre ausgeht, deren Thätigkeit nun durch die correspondirenden Centren der linken Hemisphäre nicht mehr compensirt wird.

Die motorische Bedeutung dieses Centrum ist demnach unzweifelhaft nachgewiesen, indem durch seine Reizung Bewegungen erzeugt, durch seine Zerstörung Lähmungen hervorgerufen werden. Dass diese Lähmungen vorübergehender Natur sind, erklärt sich aus dem bereits früher besprochenen Principe, nach welchem associirte Bewegungen selten dauernd oder gänzlich aufgehoben werden.

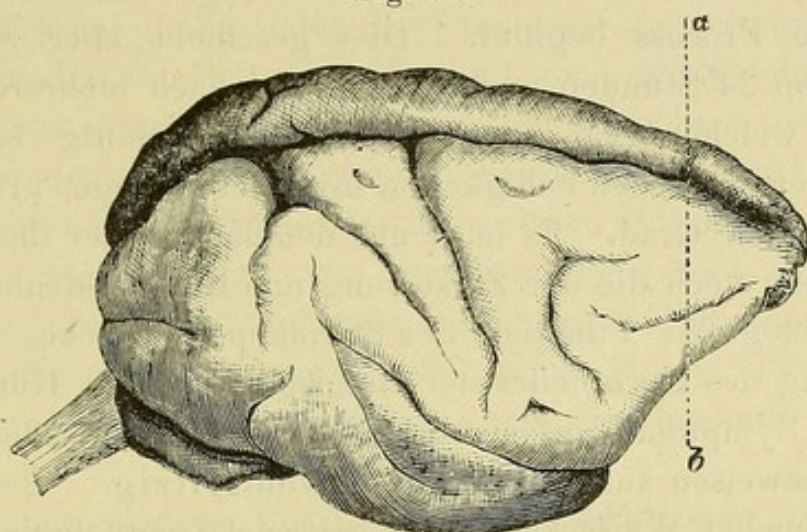
III. Die vordere Frontalregion des Gehirnes.

§. 78. Elektrische Reizung der vor und unter der Stelle 12 gelegenen Theile des Affengehirnes war im Allgemeinen erfolglos. Zu dieser unerregbaren Zone gehört auch die Insel, welche als Ausgangspunkt der Stirnwindungen angesehen werden kann. Ebenso müssen bei der Katze und beim Hunde diejenigen Regionen, welche vor der vorderen Abtheilung des *Gyrus sigmoides* liegen, als unerregbar gelten, indem die von dort aus zu erzielenden Erscheinungen unregelmässig und ohne Zweifel auf eine Weiterleitung des Stromes zu den benachbarten Stellen hin zurückzuführen sind.

Die einzige Ausnahme von diesen negativen Resultaten bei Reizung in der antero-frontalen Region fand sich bei einem Affen, an welchem ich von dieser Stelle aus Augenbewegungen erzeugte. Diese waren aber ihrem Charakter nach nicht constant, die Bulbi wurden bald lateral, bald aufwärts bewegt, Dilatation der Pupillen war nicht vorhanden. Diese Erscheinungen waren also wohl bloss zufällige. Entfernung oder Zerstörung des Stirnlappens mittelst des Cauteriums ergibt auch keine bestimmten physiologischen Resultate. Das Thier behält seinen Appetit, seine Instinkte, und ist noch zu Ausdrucksbewegungen befähigt. Die sensorischen Leistungen, Gesicht, Gehör, Geschmack, Getast und Geruch bleiben

unberührt. Auch die Fähigkeit zu Willensbewegungen ist in voller Integrität erhalten, und es sind überhaupt nur unbedeutende Anzeichen für das Vorhandensein einer so ausgedehnten Läsion, die Entfernung eines so grossen Gehirntheiles zu bemerken. Ich habe die Stirnlappen, wie dies durch die Linie *ab* angedeutet ist (Fig. 55), fast vollständig bei drei Affen mit demselben negativen Resultate entfernt und, was noch bemerkenswerther ist, selbst bei einem Thiere, welches sich eben von der Ablation der Hinterhauptlappen erholt hatte, kam es durch diese neuerliche Operation zu keinerlei Symptomen, die eine Affection oder Abschwächung

Fig. 55.



Das Gehirn eines Affen. *ab* gibt die Schnittrichtung für die Entfernung des vorderen Theiles der Stirnlappen an.

der besonderen sensorischen oder motorischen Fähigkeiten angezeigt hätten.

Trotz dieser anscheinenden Abwesenheit aller physiologischen Symptome konnte ich doch eine entschiedene Alteration im Charakter und Benehmen des Thieres bemerken, wenn es auch schwer ist, diese Veränderung in bestimmte Worte zu kleiden. Ich hatte die zu operirenden Thiere unter den intelligentesten ausgewählt. Nach der Operation war an ihnen eine merkliche psychische Alteration zu constatiren, obwohl ihr intellectuelles Verhalten Jemandem, der sie früher nicht gesehen hätte, kaum aufgefallen wäre. Statt dass sie wie zuvor sich für ihre Umgebung lebhaft interessirten und neugierig alles, was ihnen zur Beobachtung kam, betrachteten, blieben sie nun apathisch, stumpf oder schlaftrunken und antworteten bloss auf frische Reize, oder aber sie vertauschten diese Gleichgültigkeit mit Rubelosig-

keit und zwecklosem Hin- und Hergehen. Obwohl sie ihre Intelligenz nicht eingebüsst hatten, so schienen sie doch die Fähigkeit zu aufmerksamer und intelligenter Beobachtung verloren zu haben. Man könnte vielleicht annehmen, dass eine so ernste Läsion derartige constitutionelle Störungen und ein Fieber hervorrufen kann, genügend, um die Mattigkeit und die Abneigung der Thiere gegen Bewegungen zu erklären. Allein damit stimmt es nicht überein, dass sie gerne assen und tranken und kein Zeichen von physischer Schwäche gaben, sobald ihnen die Laune zum Herumwandern kam. Nach solchen Operationen zeigen sich constitutionelle Störungen in der That erst, wenn, wie gewöhnlich der encephalitische Process beginnt. Dies geschieht aber selten vor Ablauf von 24 Stunden und erreicht erst nach mehreren Tagen, während welcher Zeit man die Thiere sorgfältig beobachten und ihre verschiedenen Fähigkeiten sowie ihr Betragen prüfen kann, einen höheren Grad. Es lehrt uns demnach weder die Methode der Reizung noch die der Zerstörung mit Entschiedenheit, worin die physiologische Function der Stirnlappen bestehe. Dass die Entfernung des Stirnthelles der Hemisphären beim Hunde keine positiven Symptome auf sensorischem und motorischem Gebiet erzeugt, beweisen auch die Versuche von Hitzig.

In gleicher Weise lehren uns zahlreiche pathologische Fälle, dass auch beim Menschen in den Stirnlappen ausgedehnte Erkrankungen ohne auffallende Erscheinungen während des Lebens vorkommen können.

Den bedeutendsten hierher gehörigen Fall, den *Crow-bar-case*, haben wir bereits früher (S. 137) eingehender besprochen. Ausser verschiedenen älteren Fällen, z. B. von Bouillaud ¹⁾, Trousseau ²⁾, Congreve Selwyn ³⁾ u. a. — bei Pitres ⁴⁾ findet sich eine reiche Zusammenstellung derartiger Fälle — sei der von Marot ⁵⁾ erwähnt: In Folge einer Fractur und Depression des Stirnbeines war die Stirngegend des Gehirnes verletzt worden; weder Sensibilität noch Motilität erschienen alterirt. Bei der Section zeigten sich die rechte mittlere und obere Stirnwindung an der Grenze zwischen

¹⁾ Bouillaud, Traité de l'Encéphalite, p. 331.

²⁾ Trousseau, de l'Aphasie. Gaz. hebdom. 1864.

³⁾ Congreve Selwyn, Lancet 1838.

⁴⁾ Pitres, Lesions du Centre ovale, Paris 1877.

⁵⁾ Marot, Soc. anatom. 1876.

vorderem und mittlerem Drittheil zerstört; ein beträchtlicher Substanzverlust und eine mit Detritus und Blut gefüllte Höhle fanden sich an dieser Stelle vor.

Einen sehr bemerkenswerthen Fall theilt Baraduc¹⁾ mit: Der Kranke war seit langer Zeit vollständig dement bei ungeschwächten motorischen und sensorischen Fähigkeiten. Bei der Section fand sich in Folge partieller Arterienobliteration eine bedeutende Rindenatrophie des Stirnhirnes beiderseits (die Centralwindungen waren wie das übrige Gehirn mit Ausnahme des rechten und unteren Scheitelläppchens intact). Noch zahlreiche andere ähnliche Fälle liessen sich anführen, in denen bei ausgedehnten Erkrankungen oder Verletzungen der vorderen Hirnregionen weder von Seite der Motilität noch der Sensibilität auffallende Erscheinungen constatirt werden konnten.

Wenn dennoch mitunter auch bei gewissen Erkrankungen der Stirnlappen motorische oder sensorische Symptome auftreten, so können wir diese als von der frontalen Läsion unabhängig betrachten; eine solche indirecte Beziehung dürfen wir beispielsweise bei vielen Tumoren annehmen, welche ja, wie bekannt, auch dem eigentlichen Sitze der Erkrankung fern liegende Regionen beeinflussen.

Die anatomischen Verhältnisse der Stirnlappen weisen auf eine besonders innige Verbindung mit den motorischen Ganglien und motorischen Bahnen hin. Der Kopf des Streifenhügels ist gerade gegen die Frontalseite der Hemisphären hin gerichtet und die grosse Masse der Fasern des Stabkranzes, welche aus dem Streifenhügel ausstrahlt, vertheilt sich besonders in den frontalen Rindenabschnitten. Die Anatomie macht demnach die motorische Bedeutung dieser Rindentheile wahrscheinlich. Nichtsdestoweniger aber bleibt die elektrische Reizung daselbst resultatlos, und Zerstörung der in Rede stehenden Regionen erzeugt keine motorische Lähmung. Es ist also unklar, welche Beziehung diese Rindenpartien zu den Bewegungsvorgängen haben, und solange uns das Experiment darüber keinen weiteren Aufschluss gibt, muss die Erklärung dieser Verhältnisse mehr oder minder hypothetisch bleiben. Nachdem aber die Erscheinungen nach der Zerstörung dieses Theiles mehr psychologischer als physiologischer Natur

¹⁾ Baraduc, Soc. anatom. 1876.

sind, behalten wir uns weitere Betrachtungen über die Functionen der Stirnlappen für jenes Capitel vor, in welchem der subjective oder psychologische Theil der Hirnfunctionen genauer besprochen werden wird (Cap. 11).

Im Anschlusse an das eben abgehandelte Capitel muss ich auf einige Autoren zurückkommen, welche eine mit der von mir vertretenen Auffassung unvereinbare Ansicht über die Rinden-centren vertheidigen.

Brown-Séguard¹⁾ meint, dass die Lehre von der gekreuzten Wirkungsweise der Grosshirnhemisphären unhaltbar sei; er hält vielmehr jede einzelne Hemisphäre für ausreichend, um beide Körperhälften zu innerviren. Aus den verschiedensten, alten und neuen Literaturquellen will er 200 Fälle von Hemiplegie gesammelt haben, welche dieselbe Seite wie die Hirnerkrankung betrafen.

Lähmung bei einer Erkrankung des Gehirnes fasst er, gemäss der von den Meisten acceptirten Anschauungsweise, nicht als Ausfall der Function in dem betroffenen Hirntheile auf, sondern er führt sie auf einen hemmenden Einfluss zurück, der in Folge des in und um den Krankheitsherd eintretenden Reizzustandes auf die motorischen Centren ausgeübt wird. Als Beispiele von solchen reizenden und hemmenden Läsionen werden die verschiedenartigsten pathologischen Processe angeführt, als Tumoren, Hämorrhagien, Abscesse, Erweichungen u. s. w. ohne Rücksicht auf ihre Lage, Ausdehnung und Dauer; hierzu rechnet er auch die Folgen einer Cauterisation der Hirnrinde an Meerschweinchen, Katzen und anderen Thieren.

Nach dem, was in diesem Capitel bereits des Ausführlichen besprochen wurde, habe ich eigentlich in dieser Angelegenheit nur wenig mehr hinzuzufügen.

Von den bunt zusammengewürfelten Fällen Brown-Séguard's entspricht meiner Ansicht nach auch nicht ein einziger den Anforderungen, die man an einen wissenschaftlichen Beweis in einer solchen Frage stellen muss.

¹⁾ Brown-Séguard, Gazette des Hôpitaux 1870. Journal de Physiologie 1877.

Selbst wenn wir die Richtigkeit und Verwendbarkeit aller dieser Fälle zugestehen wollten, so wäre doch der logische Schluss, den wir aus ihnen, im Vergleiche mit den hunderttausenden von gekreuzten Paralyse, ziehen müssten, nicht der, dass die Ansicht von der gekreuzten Wirkung der Hemisphären unhaltbar ist, sondern, dass es eben Ausnahmen geben kann, gerade so gut, wie es Abweichungen von der Regel gibt, dass das Herz links und die Leber rechts liegt. Dies nicht anerkennen, hiesse geradezu jede feststehende Richtschnur zur klinischen Diagnose der Hirnerkrankungen über den Haufen werfen; und doch besitzen wir in dieser Beziehung Regeln, welche nicht auf einer vorgefassten Meinung fussen, sondern welche aus den unwiderleglichen Beweisen feststehender Thatsachen hervorgehen.

Uebrigens scheint sich für derartige gleichseitige Lähmungen eine bessere Erklärung aus den sehr ausführlichen Untersuchungen von Flechsig¹⁾ zu ergeben. Dieser hat nämlich gefunden, dass ein Theil der Pyramidenfasern in den Seitenstrang der entgegengesetzten Rückenmarkshälfte gelangt, ein zweiter Theil aber ungekreuzt im Vorderstrang der nämlichen Seite nach abwärts verläuft, und ferner, dass das relative Grössenverhältniss der gekreuzten und ungekreuzten Pyramidenbahnen sehr beträchtlichen individuellen Schwankungen unterworfen ist. Flechsig äussert sich nun folgendermaassen: „Es gewinnen bei dem Nachweise, dass die Pyramidenkreuzung zum grössten Theile fehlen kann, auch die spärlichen, in der Literatur vorhandenen, stets mit Misstrauen aufgenommenen Fälle, in welchen die Verletzung einer Grosshirnhemisphäre eine gleichseitige Lähmung im Gefolge hatte, von Neuem an Interesse.“

Was diejenigen Fälle betrifft, in denen Brown-Séguard experimentell durch Cauterisation der Hirnrinde directe Lähmung hervorzurufen im Stande war, so kann ich nur sagen, dass ich, trotzdem ich doch zahlreiche Versuche dieser Art an verschiedenen Thieren angestellt habe, immer das entgegengesetzte Resultat beobachten konnte; ich versuche daher gar nicht, Brown-Séguard's Ergebnisse zu erklären. Wieso Cauterisation der grauen Rinden-

¹⁾ P. Flechsig, Die Leitungsbahnen im Gehirne und Rückenmarke. Leipzig 1876. Ueber Systemerkrankungen im Rückenmarke. Leipzig 1878.

substanz als Reizmittel anzusehen sein soll, kann ich nicht verstehen; ich finde vielmehr, dass man mittelst dieser Methode die nämlichen Resultate wie nach Ausschneiden mit dem Skalpell erhält. Ausserdem habe ich beobachtet, dass die Einführung des Cauterium in den Linsenkern, dessen motorische Function, wie ich glaube, Brown-Séguard anerkennt, Bewegungslähmung an der entgegengesetzten Körperseite erzeugt, ohne dass Reizerscheinungen vorangegangen wären, was aber doch nothwendig der Fall sein müsste, wenn das Cauterium in der That als Reizmittel wirkte. Sowohl die früher mitgetheilten Versuche an den sensorischen und an den motorischen Rindenbezirken, sowie die klinischen Erfahrungen rücksichtlich der einseitigen, localisirten Convulsionen in Folge von Gehirnkrankheiten, zeigen, dass sich die reizenden und lähmenden Hirnläsionen in der Regel verhältnissmässig leicht und sicher von einander unterscheiden lassen.

Goltz¹⁾ hat eine Reihe von Versuchen veröffentlicht, in denen er die Hirnrinde des Hundes mittelst eines kräftigen, gegen die Hirnoberfläche gerichteten Wasserstrahles zerstörte; er hält diese Methode für besser als Excision oder Cauterisation, indem sie weniger leicht Hämorrhagien oder Entzündungen bewirken soll. Hatte er die graue Rindensubstanz in grösserer Ausdehnung zerstört, so beobachtete er motorische Lähmung, Aufhebung des Gesichtes und Anästhesie an der entgegengesetzten Körperseite. Er meint nun, dass das Auftreten dieser Symptome mehr von der Ausdehnung der Verletzung, als von deren Lage abhängen. Die Folgen einer Zerstörung der Hirnrinde fand er theils vorübergehend, theils andauernd. Die ersteren (z. B. vollständige gekreuzte Hemiplegie) führt er auf eine durch den Reizzustand bedingte Hemmung in den tiefer gelegenen Hirncentren zurück; nur die letzteren, die bleibenden Symptome, welche er als „Ausfallserscheinungen“ bezeichnet, gehen direct aus der in Frage stehenden Läsion hervor; sie charakterisiren sich dadurch, dass das Thier seine Muskeln nicht passend verwendet und die Sinnesindrücke nicht in der gewohnten Weise auffasst.

Goltz scheint eben meine Arbeiten (besonders jene, welche ich zu Beginn des Jahres 1875 in den Proceedings of the Royal

¹⁾ Goltz, Ueber die Verrichtungen des Grosshirnes. (Pflüger's Arch. Bd. XIII u. XIV.)

Society 162 veröffentlichte), nicht gekannt zu haben; ich habe an jenen Orten die einzelnen motorischen und sensorischen Centren beschrieben, und glaube auch für die von Goltz mitgetheilten Symptome genügende Beweise vorgebracht zu haben.

In allen Versuchen, die er nach seiner, eine genauere Localisation der Verletzung nicht zulassenden Methode ausführte, fand Goltz constant Sehstörungen. Er meint nun, es sei irrig, zu glauben, dieses regelmässige Auftreten von Sehstörungen und der Mangel von Hörstörungen andererseits rühre daher, dass jener Abschnitt der Hirnrinde, welcher dem Hören dient, durch seine Lage den von ihm vorgenommenen experimentellen Eingriffen entzogen gewesen sei. Er will an diese Möglichkeit nicht glauben, so lange ihm nicht Jemand das Stück graue Rinde gezeigt haben wird, „wo das Hörvermögen thront“.

Goltz schrieb dies zu einer Zeit (1877), als meine erwähnten Versuche bereits seit zwei Jahren publicirt waren. Hätte er nicht — wie aus seiner allerdings nicht genauen Beschreibung hervorgeht — gerade jene Gegenden der Hirnrinde, welche als Centren des Gehöres aufzufassen sind, immer unzerstört gelassen, hätte er andererseits aber mit einer feineren, weniger eingreifenden und unsicheren Methode gearbeitet, so wäre es ihm sicherlich leicht geworden, sich sowohl davon zu überzeugen, dass nach gewissen Verletzungen der Hirnrinde Hörstörungen eintreten, sowie andererseits davon, dass keineswegs nach allen Rindenläsionen Alterationen des Sehvermögens beobachtet werden.

Munk¹⁾ nennt jenen Theil der Hirnrinde, welchen wir beim Hunde als motorisch kennen gelernt haben, „Fühlsphäre“; er bringt ihn in Beziehung zum Gefühlssinn des Körpers; hier sei der Ort, wo die Wahrnehmungen der Gefühle Statt haben, hier sei der Sitz der betreffenden Vorstellungen und Erinnerungsbilder. Ich muss aber darauf verweisen, dass ich nach Zerstörung der motorischen Rindengebiete noch mit Leichtigkeit Schmerzensäusserungen hervorrufen konnte. Maassgebender in dieser Beziehung sind noch die Erfahrungen der klinischen Beobachtung. Bei der vollständigsten corticalen Lähmung der Willensbewegung kann die Sensibilität gänzlich intact bleiben (vergl. meine „Lectures on the localisation of cerebral disease“); die Läsion also,

¹⁾ Archiv der Physiologie von Du Bois-Reymond, 1878.

welche die motorischen Rindencentren betraf, erzeugte in diesen Fällen nur Erscheinungen auf dem Gebiete der Motilität, ohne Beeinträchtigung der Sensibilität; die fraglichen Hirnrindenabschnitte sind demnach sicherlich als motorisch und nicht als sensorisch aufzufassen.

Zehntes Capitel.

Functionen der Basalganglien.

§. 79. Die Basalganglien (*Corpora striata* und *Thalami optici*) sind Ganglienmassen, eingeschaltet in den Verlauf der Projectionsfasern, welche die Gehirnrinde mit den Gehirnschenkeln und dadurch mit der Peripherie verbinden.

Die Streifenhügel sind die Unterbrechungsganglien für das Projectionssystem des Hirnschenkelfusses, womit schon ihre motorische Bedeutung angedeutet ist. Sie stellen über der Ausbreitung des Hirnschenkels zwei grosse gangliöse Massen dar, von denen die eine in die Höhle des Seitenventrikels sieht und den Namen *Nucleus caudatus*, geschwänzter Kern (oder auch intraventriculärer Theil des Streifenhügels) führt (SS, Fig. 49), die andere aber nach aussen zu in nächster Nähe der Insel gelegen, Linsenkern oder extraventriculärer Theil genannt wird (L, Fig. 49). Welche genaue Beziehung die Ganglienzellen zu den Hirnschenkel-fasern haben, ist schwer mit Sicherheit zu bestimmen. Allein dass sie mit ihnen innig verknüpft sind, kann als ausgemacht gelten.

Es scheint mir nicht möglich, die Hirnschenkel-fasern physiologisch von den Ganglienmassen zu trennen; wir müssen demnach Hirnschenkel und Ganglien gemeinsam als ein Ganzes betrachten. Obschon wir in der Lage sind, experimentell die Functionen der Rindencentren und die der Markfasern, welche die Rinde mit dem Streifenhügel verknüpfen, auseinander zu halten, so kann doch eine derartige experimentelle Unterscheidung zwischen den Ganglienmassen und ihren Fasern einerseits und solchen Bahnen andererseits, welche etwa direct zu dem Hirnschenkel gehen, nicht durchgeführt werden.

Ob nun die einzelnen Ganglienmassen, welche den Streifenhügel zusammensetzen, besondere Beziehungen zu den verschiedenen Rindencentren haben, ist eine Frage, welche auf rein anatomischem Wege kaum gelöst werden dürfte. Ich will daher auch den Namen *Corpus striatum* allgemein zur Bezeichnung dieser Ganglien und derjenigen Faserzüge, welche von ihnen gegen den Hirnschenkel hin convergiren, ohne eine Differentiation zu versuchen, anwenden.

§. 80. Der *Thalamus opticus* zeigt dasselbe Verhältniss zur Haube, zu den sensorischen Gehirnschenkelbahnen, wie der Streifenhügel zum Fusse, zum motorischen Theile des Hirnschenkels. Die Markfasern, welche vom *Thalamus opticus* zur Rinde hin ausstrahlen, verbreiten sich vorzüglich im Hinterhaupt- und Schläfenlappen. Luys hat verschiedene besondere Ganglienmassen beschrieben, aus welchen der Körper dieses Ganglions zusammengesetzt sein soll, als *centre antérieur, moyen, médian* und *postérieur*, welche er mit den Geruch-, Gesicht-, Gefühl- und Gehörsbahnen einerseits und mit den entsprechenden Rindenregionen andererseits in Verbindung brachte. Wenn auch diese Anordnung Manches für sich hat, so zögere ich doch, lediglich auf Grund der anatomischen Untersuchungen dieselbe anzunehmen; auch Meynert kam zu ganz anderen Schlüssen.

§. 81. Elektrische Reizung der Streifenhügel bei Affen, Katzen, Hunden u. s. w. (§. 63) erzeugt einseitige tonische Contraction der Gesichts-, Nacken-, Rumpf- und Extremitätenmuskeln, also einen Zustand von Pleurosthotonus, wobei der Körper nach der anderen Seite hin eingebogen und die Glieder in einer Stellung gehalten werden, welche dem Ueberwiegen der Beuger über die Strecker entspricht. Wir finden hier keine Differentiation in den Erscheinungen, wie wir dies bei Reizung der speciellen Rindencentren beobachtet haben, sondern eine allgemeine einseitige Contraction. Dieses Resultat wurde auch durch Carville und Duret bestätigt.

Zerstörung eines *Corpus striatum* beim Menschen führt zur Hemiplegie der anderen Körperhälfte mit Erhaltung der Empfindlichkeit. Wir können dies für eine der am meisten feststehenden Thatsachen in der menschlichen Gehirnpathologie ansehen, die ausserdem durch Zerstörungsversuche an Hunden und anderen Thieren vollständig bestätigt wird.

Die Reizerscheinungen zusammengehalten mit den Versuchen, bei welchen der Streifenhügel zerstört wurde, erweisen demnach zweifellos, dass er eine rein motorische Bedeutung hat. Die anatomischen Beziehungen des Streifenhügels zu den motorischen Hirnschenkelbahnen bestätigen diese auf dem Wege der Physiologie und der menschlichen Pathologie gewonnene Ansicht.

§. 82. Die Bedeutung der Sehhügel ist eine Frage, hinsichtlich derer die Meinungen weit auseinander gehen, indem die Thatsachen der Pathologie nicht dieselbe Uebereinstimmung zeigen, wie wir dies bei Krankheiten der Streifenhügel gesehen haben. Bei Läsionen des *Thalamus opticus* sind Lähmungen gefunden worden, ebenso bei Erkrankungen, die den Thalamus und den Streifenhügel gleichzeitig betrafen. Gegenstand der Controverse ist es aber, ob Läsionen des Sehhügels auch Abschwächung oder Verlust der Empfindlichkeit erzeugen. Zahlreiche Fälle sind von Luys¹⁾ und Crichton-Browne²⁾ zusammengestellt worden, in denen Erkrankungen des Thalamus mit Verminderung oder Aufhebung der Empfindlichkeit in einer oder der anderen Form an der gegenüber liegenden Körperhälfte beobachtet wurden. Allerdings sind auch viele andere Fälle von Sehhügelerkrankungen bekannt, in welchen eine solche sensorische Affection nicht vorhanden war.

Vulpian³⁾ sah nach Verletzung der Sehhügel bloss motorische Lähmungen eintreten, allein er vermeidet sorgfältig, aus diesen Thatsachen einen entschiedenen Schluss über die wahre functionelle Bedeutung dieses Ganglions zu ziehen. Er sagt: „Wir wissen nichts über die speciellen Functionen der Sehhügel.“

Nachdem also die Erfahrungen aus der menschlichen Pathologie in dieser Beziehung unsicher und anscheinend widersprechend sind, und die darauf gegründeten Ansichten sich diametral entgegenstehen, so wollen wir uns zu den experimentellen Untersuchungen wenden. Auch hier sind die Thatsachen von verschiedenen Untersuchern in verschiedener Weise aufgefasst worden. Ich will diese Frage zunächst nach meinen eigenen Untersuchungen betrachten und erst dann einige der neueren Ansichten besprechen, welche mit den meinigen nicht übereinstimmen.

¹⁾ Luys, *Recherches sur le Système Nerveux*, p. 538.

²⁾ Crichton-Browne, *West Riding Asylum Rep.* V.

³⁾ l. c. p. 659.

Wir haben gezeigt, dass elektrische Reizung der Sehhügel keine motorischen Erscheinungen nach sich zieht. Dies ist allein schon genügend, um die Ansicht derjenigen, welche ihnen eine motorische Function zuschreiben wollen, fallen zu lassen. Dass Läsionen der Sehhügel Lähmungen erzeugen können, beweist aber noch nichts für die wirkliche functionelle Bedeutung dieser Ganglien.

Die Folgen einer Zerstörung des Thalamus beim Affen sind in dem folgenden Experimente klar ausgesprochen: Die linke Hemisphäre eines Affen wurde durch Trepanation an jener Stelle freigelegt, wo der *Gyrus angularis* mit dem Hinterhauptlappen durch eine Verbindungswindung zusammenhängt. Durch das vordere Ende dieses Gyrus wurde ein Trocar in einer feinen Canüle in horizontaler Richtung eingeführt, so dass er den Sehhügel durchsetzte; nachdem der Trocar herausgezogen war, wurde ein Stilet mit sich ausbreitenden Flügeln eingeführt und nach der von Nothnagel¹⁾ angegebenen Methode rotirt, um das umgebende Gewebe zu zerstören.

Sobald sich das Thier aus der Chloroformnarkose erholt hatte, zeigte es nur geringe Zeichen einer Abschwächung der Empfindlichkeit an der anderen Körperseite. Die Bewegungen der rechtseitigen Extremitäten waren in einem gewissen Grade zögernd und langsam, und es gebrauchte ausschliesslich seine linken Hände zu Greifbewegungen; die Reaction auf tactile und thermische Reize dauerte fort. 20 Stunden nach der Operation waren die Erscheinungen noch immer ziemlich die gleichen. Ich hatte demnach Grund zu glauben, dass das Stilet nicht ganz in den Sehhügel eingedrungen war, narkotisirte daher das Thier ein zweites Mal und führte einen glühenden Draht durch den Hohl-gang, welchen die Canüle erzeugt hatte, ein, wobei ich sorgfältig durch Versuche am todten Gehirne die Distanz ausmaass, welche nothwendig war, um den Sehhügel vollständig zu durchdringen.

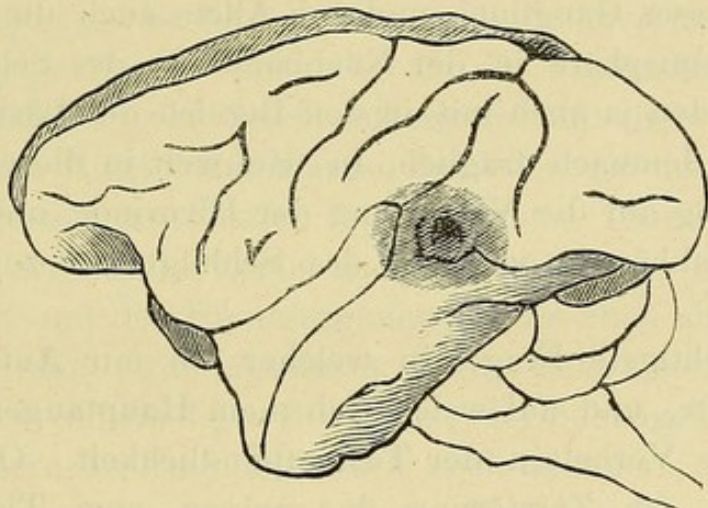
Bevor das Thier wieder zu sich gekommen war, wurde dessen linkes Auge genau geschlossen. Sobald sich das Thier von der Narkose erholt hatte, öffnete es sein rechtes Auge, dessen Pupille sich dilatirt zeigte. Bei Versuchen, den Ort zu verändern, gebrauchte es ausschliesslich die linken Glieder; die rechten blieben bewegungslos. Auf die Application eines heissen Eisens

¹⁾ Virch. Arch. 62, Bd.

an die linke Seite erfolgte Reaction, nicht aber von irgend einer Stelle der rechten Seite aus, sei es Hand, Fuss oder Wange. Das Thier bewegte sich ausschliesslich mit Hülfe seiner linken Extremitäten, drehte sich nach der rechten Seite hin und schleppte die rechten Extremitäten nach. Es war augenscheinlich blind, indem es nicht versuchte, Hindernissen, welche ihm in den Weg gestellt wurden, auszuweichen, bis es mit dem Kopfe daran stiess. Wenn die Binde vom linken Auge entfernt wurde, so erschienen die Bewegungen freier und Hindernisse wurden sorgfältig vermieden. Die Bewegungen erfolgten nun hauptsächlich von rechts gegen links. Der absolute Mangel einer Reaction auf Hautreize von der rechten Seite her hielt an.

Es konnte beobachtet werden, dass das Thier zwar zum Zwecke des Greifens oder Vorwärtsgehens seine rechten Glieder

Fig. 56.



Die in Schatten gelegte Stelle zeigt die oberflächliche Ausdehnung der Läsion an der linken Hemisphäre bei Zerstörung des *Thalamus opticus* an. Das dunklere Centrum bezeichnet den Canal, der in den *Thalamus opticus* führt. Die Läsion verursachte Hemianästhesie der rechten Seite.

nicht gebrauchte; wenn es aber auf den Rücken gelegt wurde, so schlug es mit allen vier Extremitäten umher, um sich wieder aufzurichten. In allen anderen Beziehungen schien das Thier vollständig gesund, es ass und trank mit Appetit. Nachdem ich sein Verhalten bezüglich der Hautsensibilität noch einmal genau festgestellt hatte, tödtete ich es mittelst Chloroform. Bei der Section fand sich ein kleiner Vorfall von Gehirnsubstanz in der Grösse eines Shillings, entsprechend der Trepanlücke, welcher hauptsächlich den hinteren Theil der oberen Schläfenwindung betraf (vergl. Fig. 56). Inmitten dieser Stelle war eine Oeffnung, welche gegen

den Sehhügel hinführte. Dieser war ziemlich in seiner Mitte, 1 oder 2 Linien unter der Ventrikeloberfläche vom Cauterium vollständig durchsetzt worden, so dass die vordere und hintere Hälfte dieses Ganglions durch eine degenerirte, erweichte Schichte von einander getrennt erschienen. Das Cauterium war auch durch den dritten Ventrikel gedrungen und hatte die entgegenstehende Ventrikeloberfläche des rechten Sehhügels berührt.

Wie ich vermuthet hatte, war das Stilet ursprünglich nicht in den Sehhügel eingedrungen, sondern hatte bloss die Marksubstanz ausserhalb desselben in beträchtlicher Ausdehnung zerstört. Dies zeigte sich deutlich durch die unregelmässige Zerreissung und Missfärbung, welche leicht von der Bahn des Cauterium zu unterscheiden war. Das übrige Gehirn sah normal aus.

Es ist selbstverständlich, dass der *Thalamus opticus* in diesem Falle nicht ausschliesslich verletzt worden war. Die Marksubstanz ausserhalb dieses Ganglions und vor Allem auch die Rindensubstanz der Hemisphäre in der Nachbarschaft des Seh- und Hörcentrum wurden ja auch mit in den Bereich der Läsion gezogen. Es erscheint demnach fraglich, in wie weit in diesem Versuche die Sehstörung auf die Verletzung der Hirnrinde und der Marksubstanz, unabhängig von der des Sehhügels, bezogen werden muss.

Die wichtigste Frage, in welcher ich mir Aufschluss verschaffen wollte, und auf welche ich mein Hauptaugenmerk richtete, war das Verhalten der Tastempfindlichkeit. Obwohl diese schon durch die Zerstörung der aussen vom Thalamus gelegenen Markfasern allein in bemerkbarem Grade herabgesetzt war, so wurde sie doch erst durch die Zerstörung des Sehhügels vollständig vernichtet.

Wir haben früher gezeigt, dass das Wahrnehmen eine Function der Rindencentren ist, und haben die Centren für die verschiedenen besonderen Sinne am Affenhirne experimentell abgegrenzt. Diese Experimente wurden durch die Versuche von Veyssière vollständig bestätigt, in welchen es sich zeigte, dass Durchschneidung des hinteren Theiles der Hirnschenkelbahnen oder der inneren Kapsel aussen vom Sehhügel beim Hunde Hemi-anästhesie der anderen Körperseite erzeugt. Noch bestimmter, was das Bewusstwerden der Sinneseindrücke anbelangt, wurde diese Hemianästhesie bei Erkrankung der entsprechenden Hirn-

schenkeltheile am Menschen in den Fällen von Türk, Charcot, Demaux, Bourneville u. A. nachgewiesen.

Wie wir bereits bemerkt haben, handelt es sich in diesen Fällen nur um eine Unterbrechung der centripetalen Bahnen von den Sinnesorganen nach den in der Hirnrinde differenzirten sensorischen Centren. Diese experimentellen Thatsachen und die pathologischen Erfahrungen zeigen also, dass die sensorischen Bahnen und Centren von den motorischen getrennt sind. Es wurde ferner gezeigt, dass im Streifenhügel und im vorderen Theile der inneren Kapsel die motorischen Fasern frei von sensorischen Bahnen verlaufen, indem Zerstörung des Streifenhügels oder der entsprechenden Hirnschenkelbahnen Verlust der Willensbewegung ohne die geringste Verminderung der Empfindlichkeit erzeugt. Die betreffenden Rindencentren dieser Bahnen haben wir ja auch genau localisirt und zugleich dargelegt, dass ihre Zerstörung Verlust der Willensbewegung ohne Verlust der Empfindlichkeit nach sich zieht.

Die einzige Bahn, welche also für die Transmission der sensorischen Eindrücke von der Peripherie zur Hirnrinde übrig bleibt, geht durch die Hirnschenkelhaube, den Sehhügel und seine Markverbindungen mit der Rinde. Wenn wir den *Tractus olfactorius* ausnehmen, so besteht keine andere Verbindung zwischen den Hemisphären und den Sinnesorganen als die eben angeführte.

Wollte man nun angesichts dieser Thatsachen behaupten, dass trotz der vollständigen Zerstörung der Sehhügel, ihrer Zellen und Markfasern die Empfindlichkeit noch andauert, so hiesse dies nichts weniger, als eine physikalische Unmöglichkeit behaupten. Die Erscheinungen werden aber immerhin von der Ausdehnung der Läsion im Sehhügel abhängen, und darin, glaube ich, haben wir den Schlüssel zur Aufklärung der Differenzen in den klinischen Erscheinungen bei Erkrankungen dieses Ganglions.

Der Sehhügel befindet sich an einer Stelle, an welcher die sensorischen und motorischen Bahnen des Hirnschenkels noch nicht deutlich von einander getrennt sind. In der Gegend des Streifenhügels und des vorderen Theiles der inneren Kapsel ist diese Differentiation bereits vollständig geworden, während in der Region des Sehhügels sensorische und motorische Bahnen noch mehr oder minder mit einander verlaufen.

Sowohl die experimentellen Untersuchungen, als auch die klinischen Erfahrungen über die Krankheiten des Rückenmarkes

haben bewiesen, dass es bedeutend schwerer ist, die Bahnen für centripetale Eindrücke, als diejenigen für centrifugale, motorische Impulse zu unterbrechen; es ist eine viel vollständigere Zerstörung der sensorischen Bahnen nothwendig, um die Empfindlichkeit gänzlich zu unterdrücken, als dies für motorische Lähmungen gilt. Dasselbe Gesetz scheint auch hinsichtlich des Sehhügels zu bestehen. Eine Verletzung, welche ausgedehnt genug ist, um die hier noch nicht gänzlich getrennten motorischen Bahnen zu unterbrechen, kann vollständige Hemiplegie ohne Verlust der Empfindlichkeit nach sich ziehen. Dieser Verlust tritt bloss bei gänzlicher Zerstörung ein, und nur in solchen Fällen kommt es neben Hemiplegie auch zu Hemianästhesie. Die Fälle von sogenannter Zerstörung des *Thalamus opticus* ohne Beeinträchtigung der Empfindlichkeit, welche angeführt werden, müssen wir demnach als bloss partielle Läsionen bei Seite lassen; und wenn in solchen Fällen keine genaueren Angaben, als die aus der Betrachtung des *Thalamus opticus* mit dem nackten Auge sich ergebenden, beigebracht werden, können sie keineswegs jenen bereits zahlreichen positiven Fällen entgegengestellt werden, in welchen Verlust der Empfindlichkeit in Folge von Läsionen dieses Ganglions nachgewiesen wurden.

§. 83. Wenn der Sehhügel das Unterbrechungsganglion oder einen Vereinigungspunkt für die verschiedenen sensorischen Bahnen des Projectionssystems darstellt, so müssen wir erwarten, dass durch Läsionen dieses Ganglions ausser dem Tastsinne auch die anderen Sinne beeinträchtigt werden. Durch Verletzung der inneren Kapsel an der Aussenseite des *Thalamus opticus* wird dieses Resultat annäherungsweise erreicht. Es werden bei solchen Läsionen ausser dem Tastsinne auch das Gesicht, das Gehör, der Geschmack und der Geruch, wie man es beim Menschen beobachtet hat, herabgesetzt oder vollständig vernichtet. Wir haben es bereits früher besprochen, aus welchem Grunde der Geruchssinn in der entgegengesetzten Nasenhälfte afficirt wird. Es ist nun anzunehmen, dass eine vollständige Zerstörung des Sehhügels ähnliche Resultate nach sich zieht; doch sind bezüglich dieses Punktes noch weitere sorgfältige experimentelle und klinische Untersuchungen nothwendig.

In dem zuletzt erwähnten Experimente am Affen wurde bloss der Zustand der tactilen Empfindlichkeit und der des

Gesichtes untersucht. Ueber die einseitige Blindheit konnte in diesem Falle kein Zweifel herrschen, doch waren die Versuchsbedingungen derartige, dass die directe Verletzung des Thalamus durch die gleichzeitigen Verletzungen der Markfasern und der Hirnrinde complicirt erschien, und es demnach schwierig war, die Erscheinungen auf ihre wirklichen Ursachen zu beziehen. Ich glaube aber, in der Erweiterung der Pupillen, welche ich sonst bei Zerstörung des *Gyrus angularis* niemals gefunden habe, einen Fingerzeig dafür erkennen zu müssen, dass die Blindheit in diesem Versuche hauptsächlich von der Verletzung des *Thalamus opticus* abhing. Erweiterung der Pupillen wurde auch nicht in solchen Fällen centraler Hemianästhesie beim Menschen gefunden, in denen die Läsion die Markfasern betraf.

Die Erfahrungen der menschlichen Pathologie hinsichtlich der uns hier beschäftigenden Frage sind durchaus nicht in jeder Beziehung zufriedenstellend oder vollständig. Luys hat eine Anzahl Fälle von Erkrankungen des Sehhügels zusammengestellt, in welchen sich auch Affectionen des Gesichtes und Gehöres ausser solchen der Tastempfindung finden; allein diese Fälle entsprechen keineswegs den Anforderungen eines wissenschaftlichen Beweises. Sehr häufig handelte es sich ja um Tumoren, und aus den Folgen derartiger Läsionen dürfen Schlüsse nur mit der grössten Vorsicht gezogen werden.

Abgesehen von Tumoren finden sich aber auch andere Läsionen, welche mehr oder minder für die durch Luys so lebhaft vertretene Ansicht von der sensorischen Bedeutung der Sehhügel sprechen. Unter den neueren und sorgfältig beobachteten Fällen ist einer von Hughlings-Jackson¹⁾, welcher einige Merkmale von besonderem Interesse und Werth darbietet. Es ist dies ein Fall, in welchem sich bei der Section eine beträchtliche Depression über der hinteren Hälfte des rechten Thalamus fand, woselbst der letztere viel weicher als der Thalamus der anderen Seite war. Auf dem Durchschnitte erschien das Gewebe erweicht, graulich gelb von Farbe. Der Grad der Erweichung war am grössten an der Innenseite, das Pulvinar erschien zerrissen und zerstört, und hier reichte die Erweichung bis an die Ventrikeloberfläche. Die

¹⁾ A Physician's Notes on Ophthalmology. Reprinted from the Lond. Hosp. Rep. vol. VIII, 1875.

Erweichung setzte sich nicht über die Grenzen des Thalamus in die weisse Substanz der Hemisphäre oder des Hirnschenkels fort, auch die vordere Hälfte des Thalamus, sowie der hintere Theil des Streifenhügels waren intact. Es zeigte sich sonst keine Erkrankung in irgend einem anderen Theile des Gehirnes. Wir haben also hier einen klaren, von jeder Complication freien Fall einer Läsion des Sehhügels vor uns, und die Symptome müssen demnach entschieden auf diese Läsion zurückgeführt werden. Die beobachteten Erscheinungen waren: Schwäche in den Bewegungen an der linken Seite, besonders im Beine, beträchtliche Verminderung der Tastempfindlichkeit an der linken Seite, Abschwächung des Geruches oder wenigstens der Allgemeinempfindlichkeit in der linken Nasenhälfte, zweifelhafte Verminderung des Geschmacks an der linken Seite der Zunge sowie fragliche Verminderung des Gehöres am linken Ohre nebst — und dies ist die interessanteste Eigenthümlichkeit des vorliegenden Falles — linksseitiger Hemiopie auf beiden Augen in Folge von Lähmung der rechten Hälfte beider Retinae. Wenn nun dieser Fall auch nicht in jeder Beziehung beweisend ist, indem ja die Läsion nur eine beschränkte war, so bestärkt er doch in hohem Grade die bereits auf anderem Wege gewonnene Ansicht, dass der *Thalamus opticus* die sensorischen Bahnen für alle jene Empfindungsnerven enthält, welche unterhalb der Hirnschenkel entspringen. Die Hemiopie ist eine Thatsache von besonderem Interesse und spricht sehr zu Gunsten der Ansicht von Chareot über die Art und Weise, in welcher Gesichtseindrücke die Sehcentren des Gehirnes erreichen. Wie wir bereits beschrieben haben (vergl. Fig. 45), erhalten die Kniehöcker Fasern von beiden Netzhäuten, nämlich von der inneren Seite des entgegengesetzten und von der Aussenhälfte des gleichseitigen Auges. Diese letzteren Fasern aber verlaufen weiter gegen die Vierhügel hin, woselbst sie sich mit den Fasern der anderen Seite kreuzen und so an die entgegengesetzte Hemisphäre gelangen. Die Kniehöcker der rechten Seite enthalten demnach Fasern, welche von der rechten Hälfte beider Netzhäute kommen. Es wird also auch eine Läsion der rechten Kniehöcker oder des hinteren Theiles des rechten Sehhügels, wie im vorliegenden Falle, diese beiden Bahnen unterbrechen und durch Lähmung der rechten Hälfte beider Netzhäute linksseitige Hemiopie hervorrufen. Der *Gyrus angularis* der rechten Hemisphäre steht aber nur in Beziehung zu dem contralate-

ralen Auge, und zwar so, dass er die Fasern vom rechten Kniehöcker (also die Fasern von der rechten Seite des anderen Auges) direct, die Fasern von der linken Seite aber erst dann erhält, nachdem sie sich in der Vierhügelgegend gekreuzt haben. Dies wird ja dadurch bewiesen, dass Zerstörung des *Gyrus angularis* beim Affen vollständige Blindheit am anderen Auge erzeugt, sowie auch durch die Thatsache, dass bei der cerebralen Hemianästhesie in Folge von Läsionen des hinteren Theiles der inneren Kapsel bloss die Sehkraft des anderen Auges verloren geht. Es ist also klar, dass sich diese Bahnen von den beiden Hälften einer Retina auf ihrem weiteren Wege gegen die Rindencentren wieder vereinigt haben, sowie dass diese Vereinigung während ihres Durchtrittes durch die *Thalami optici* zu Stande gekommen ist, wie dies jenes früher erwähnte Experiment beweist, bei welchem Verlust des Gesichtes am anderen Auge in Folge einer das Centrum des Thalamus einnehmenden Läsion eintrat. Es ist daher ferner wahrscheinlich, dass die Folgen einer Sehhügelverletzung hinsichtlich des Sehvermögens je nach der besonderen Lage der Läsion verschieden ausfallen werden. Wir können Hemiopie an beiden Seiten erwarten, wenn die Läsion die Gegend der Kniehöcker einnimmt, hingegen totale einseitige Blindheit am anderen Auge dann, wenn sie central liegt; ist die Läsion aber besonders ausgedehnt, so mag es vielleicht auch zu totalem Verluste des Sehvermögens am anderen Auge und zu nasaler Hemiopie an derselben Seite kommen.

Wie wir bereits bemerkt haben, ist die genaue Bestimmung partieller Sehstörungen in den Versuchen an niederen Thieren äusserst schwierig. Eine entscheidende Lösung dieser Fragen kann daher nur von sorgfältigen klinischen und pathologischen Untersuchungen erwartet werden.

Es scheinen mir die obigen verschiedenen, anatomischen und physiologischen Betrachtungen mit Entschiedenheit zu beweisen, dass der Sehhügel die sensorischen Bahnen enthält, dass aber in den Fällen, in welchen die Pathologie anscheinend widerspricht, für die Abwesenheit der sensorischen Affection eine mit den experimentellen und pathologischen Thatsachen vereinbare Erklärung gegeben werden kann. Demnach würde eine Beobachtung negativer Befunde durchaus nicht beweisen, dass der Sehhügel in keiner Beziehung zu den sensorischen Bahnen steht, da ja ein solcher Schluss physiologische und anatomische Unmöglichkeiten

involviren und in diametralem Widerspruche mit feststehenden, positiven, Thatsachen stehen würde.

§. 84. Die obigen Auseinandersetzungen stützten sich hauptsächlich auf die Resultate der klinischen und pathologischen Untersuchungen beim Menschen und auf die Experimente an Affen. Versuche an Kaninchen, Hunden und anderen Thieren haben bei den verschiedenen Autoren allerdings häufig zu anderen Ansichten über die Bedeutung der Sehhügel geführt.

Fournié¹⁾ erzeugte Zerstörungen der Sehhügel mittelst Injection einer starken Lösung von Zinkchlorid in die Substanz dieser Ganglien. Er bewirkte auf diese Weise Verlust der Empfindlichkeit. Allein seine Methode gestattet mancherlei Einwürfe. In Folge von Diffusion der caustischen Lösung in andere, als die zu zerstörenden Regionen müssen die erhaltenen mannigfachen Resultate für so zweifelhaft gelten, dass wir nicht berechtigt sind, aus ihnen bindende Schlüsse zu ziehen.

Nothnagel²⁾, welcher zuerst eine ähnliche Methode, nämlich Injection von Chromsäure, anwandte, verliess sie bei seinen Versuchen über den Sehhügel, eben mit Rücksicht auf diese Diffusion. Er benutzte einen Trocart mit federnden Armen, welche mittelst eines einfachen Mechanismus durch Druck geöffnet werden konnten, und die er, wenn das Instrument in die gehörige Tiefe gedrungen war, öffnete und rotirte, um so den Sehhügel direct zu zerstören. Er gibt an, dass es ihm auf diese Weise gelungen sei, vollständige und localisirte Zerstörungen der Basalganglien zu bewirken.

Bei derartigen Versuchen fand Nothnagel, dass Zerstörung der Sehhügel an Kaninchen weder die Wahrnehmungsfähigkeit, noch die Beweglichkeit lähmte. Es schienen weder die Glieder, noch der Rumpf verdreht, und die Thiere reagirten auf Hautreize wie zuvor, sprangen weg, wenn der Schweif oder die Extremitäten gekneipt wurden, und verhielten sich überhaupt gegen sensorische Reize im Allgemeinen in der gewöhnlichen Weise.

Auch wenn mit den Sehhügeln zugleich die Linsenkerne zerstört wurden, reagirten die Thiere noch immer auf Hautreize, sprangen

¹⁾ Fournié, Rech. expérimentales sur le fonctionnement du Cerveau, 1873.

²⁾ Virch. Arch. 62. Bd. 1874.

davon, wenn sie gekneipt wurden, und hatten das Vermögen coordinirter Vorwärtsbewegung; allein sie konnten diese Bewegungen nicht spontan ausführen. Wenn wir nun diese Symptome, besonders die einer combinirten Zerstörung der beiden genannten Basalganglien, mit den Resultaten einer vollständigen Entfernung der Grosshirnhemisphären vergleichen, so ist es schwer zu sagen, was Nothnagel zu den bereits von Flourrens, Longet und Vulpian sorgfältig und genau bestimmten Thatsachen hinzugefügt hat. Nothnagel's Zerstörung der beiden Basalganglien ist praktisch fast gleichwerthig (obschon meiner Ansicht nach eine weniger entsprechende Operationsmethode) einer vollständigen Abtragung der Grosshirnhemisphären. Wenn nach Entfernung der Hemisphären Sinnesempfindungen noch vor das Bewusstsein treten könnten, und wenn die Reactionen in Folge von Haut- und anderen sensorischen Reizen bei grosshirnlosen Thieren Beweise von Wahrnehmungen, vom Bewusstwerden sensorischer Eindrücke wären, dann könnten wir allerdings auch annehmen, dass die von Nothnagel beschriebenen Erscheinungen beweisen, es sei durch Zerstörung der Sehhügel das Zustandekommen von Wahrnehmungen nicht aufgehoben. Allein es überrascht mich, dass dieser Forscher den eigentlichen Gegenstand der Controverse so gänzlich ausser Acht gelassen und eine so wichtige Frage der Gehirnphysiologie zu seiner eigenen Genugthuung entschieden hat, ohne ein neues Factum zu dem, was die früheren Experimente klargelegt haben, hinzuzufügen. Ich habe wiederholt auf die Thatsache hingewiesen, dass wir einfache Reactionen in Folge von Sinneseindrücken nicht als Zeichen wirklicher Wahrnehmungen ansehen dürfen. Wollten wir sie dennoch in solcher Weise auffassen, dann wären wir genöthigt anzunehmen, dass ein grosser Unterschied zwischen den niederen Thieren und dem Menschen in dieser Beziehung bestehe; denn wir haben entschieden nachgewiesen, dass beim Menschen das Bewusstwerden sensorischer Eindrücke — die Wahrnehmungsfähigkeit — eine Function der Grosshirnhemisphären darstellt.

§. 85. Ich bin übrigens weit entfernt anzunehmen, dass jene Reactionen, welche die Kaninchen nach Zerstörung der Sehhügel noch ausführen, derartige sind, um Nothnagel's Versicherung, diese Reactionen unterschieden sich nicht von denen normaler Thiere, zu bestätigen. Ich habe gefunden, und Nothnagel selbst

hat das Gleiche beobachtet, dass die Thiere, obwohl sie, wenn das dem verletzten Thalamus entgegengesetzte Bein gekneipt wird, noch kräftig reagiren und wegspringen, dennoch dieses Glied in jede abnorme und unbequeme Stellung passiv bringen lassen; wenn ferner die Sehhügel beiderseits zerstört wurden, so können wir die Extremitäten in jede beliebige Lage versetzen, ohne dass das Thier irgend ein Zeichen von Missbehagen äussert. Eine motorische Paralyse müssen wir aber dabei vollständig ausschliessen, indem ja die Rindencentren und die Streifenhügel intact sind.

Wird hingegen der Schweif eines so hingestellten Thieres gekneipt, so genügt dies, um es zu einer Reaction und zum Wegspringen anzuregen. Ich habe ferner gefunden, dass, wenn auch Kneipen der contralateralen Extremitäten das Thier zum Reagiren und Zurückziehen seines Beines anregt, andererseits ein heisses Eisen, welches unter normalen Verhältnissen deutliche Zeichen von Schmerz erregt, an der nämlichen Körperseite (Gesicht, Extremitäten, Ohr, bis an den Augwinkel) keinerlei Reactionen hervorruft.

Weder die Gleichgiltigkeit gegen die Lagerung der Glieder, noch der Mangel einer Reaction auf schmerzhaft, thermische Reize kann, da ja Lähmung der Willensbewegung nicht vorhanden ist, mit der Ansicht in Einklang gebracht werden, dass nach Zerstörung der Sehhügel die Sensibilität ungeschmälert erhalten bleibe. Meiner Meinung nach beweisen diese Symptome gerade das Gegentheil, und ich bin geneigt, die Reaction in Folge des Kneipens darauf zurückzuführen, dass diese letztere Reizform geeigneter ist, die reine Reflexthätigkeit der Mittelhirncentren anzuregen.

§. 86. Die verschiedenen physiologischen und pathologischen Thatsachen, welche angeführt wurden, um zu zeigen, dass Zerstörung des Streifenhügels Lähmung der Willensbewegungen, und dass Zerstörung eines Sehhügels Aufhebung der Empfindlichkeit an der anderen Körperhälfte erzeugen, sind aber andererseits noch nicht genügend, um die speciellen Functionen dieser Ganglien zum Unterschiede von den Leistungen der Gehirnrindencentren klarzulegen. Wir haben ja gesehen, dass Lähmung der Willensbewegungen und Anästhesie auch unabhängig von Verletzungen der Basalganglien nach Läsionen der Hirnrinde und ihrer Markfasern eintreten. Da aber Zerstörungen dieser Ganglien noth-

wendig das Projectionssystem zwischen Hirnrinde und Peripherie unterbrechen, so können die Hemisphären ihre Functionen nicht länger fortführen, sowohl hinsichtlich der Transmission motorischer Impulse nach auswärts, als bezüglich der Aufnahme der von den peripheren Sinnesorganen zuströmenden äusseren Erregungen. Wir müssen demnach noch zu erschliessen trachten, ob irgend welche besonderen Unterschiede zwischen den Symptomen nach Läsionen der Rindencentren und denen nach Verletzungen der Basalganglien zu entdecken sind, um daraus Aufschluss über die speciellen Functionen dieser Ganglien an und für sich zu erlangen.

Hinsichtlich dieses Punktes müssen wir uns aber davor hüten, die Schlüsse, zu welchen wir durch die Versuche bei einer Classe von Thieren gekommen sind, auf die anderen und auf den Menschen ohne Einschränkung zu übertragen.

Beim Menschen und Affen lässt sich zwischen der vollständigen Zerstörung der motorischen Rindencentren und der des Streifenhügels, wenn überhaupt, kaum ein Unterschied wahrnehmen. Wir finden dieselbe Kraftlosigkeit und Schlaffheit der Muskeln der anderen Körperhälfte, dieselbe laterale Verdrehung in Folge des aufgehobenen Antagonismus seitens der gelähmten Muskeln. Der Grad der Lähmung dieser verschiedenen Bewegungen ist wechselnd, indem diejenigen Bewegungen am meisten afficirt werden, welche am complicirtesten und unabhängigsten sind. Die Paralyse ist, soweit man es beurtheilen kann, in dem einen wie in dem anderen Falle eine dauernde.

Während schon eine kleine, umschriebene Läsion des Streifenhügels mit einem Schlage vollständige Lähmung der anderen Seite erzeugt, kann derselbe Effect von der Hirnrinde aus, an welcher die motorischen Centren in einer grossen Fläche ausgebreitet sind, nur durch eine sehr ausgedehnte Zerstörung hervorgebracht werden. Daher kommt es auch, dass vollständige Hemiplegie der anderen Seite viel seltener in Folge von Rindenverletzungen als bei Erkrankung der Streifenhügel auftritt. Es werden im ersten Falle bloss jene Bewegungen dauernd gelähmt bleiben, deren Centren in der Hirnrinde organisch zerstört sind, und wenn etwa in Folge dieser Läsion auch noch andere Bewegungen functionell afficirt wurden, so werden sich dieselben doch wieder herstellen, sobald die Ursache der Störung, wie z. B. Unterbrechung der

Circulation aufgehoben oder compensirt wird. Beim Hunde hingegen besteht eine deutliche Differenz zwischen den Läsionen der motorischen Rindencentren und denen des Streifenhügels. Die Affection der Motilität bei Zerstörung der Rindencentren ist eher eine Parese als eine Paralyse, und von verhältnissmässig kurzer Dauer. Carville und Duret haben gefunden, dass, wenn die Markfasern zwischen dem Streifenhügel und der Hirnrinde zerstört wurden, das Resultat das gleiche ist, als wenn die Hirnrinde allein zerstört worden wäre, wie es ja *a priori* zu erwarten war. Wenn hingegen der Schnitt (vgl. Fig. 57, *x*) in solcher

Fig. 57.

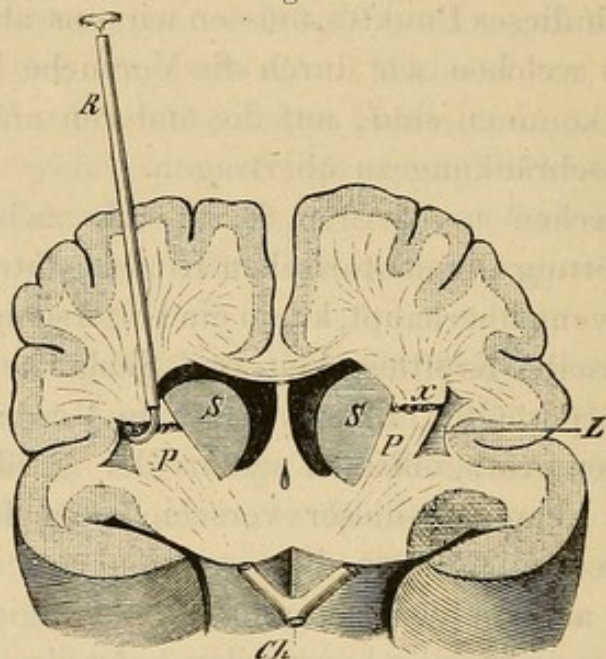


Fig. 57. Verticaler Querschnitt des Hundehirnes, fünf Millimeter vor dem *Chiasma nerv. optico-rum* (nach Carville und Duret). *S. S.* Nuclei caudati. *L.* Linsenkern. *P. P.* Hirnschenkeleinstrahlung. *Ch.* Sehnervenchiasma. *x.* Schnitt durch die Hirnschenkelfasern, welcher Hemiplegie zur Folge hat. *R.* Veyssière's Stilet zur Durchschneidung der inneren Kapsel.

Weise durch den Streifenhügel geführt wurde, dass sowohl die Fasern, welche von den Windungen herabsteigen, als auch die Verbindungen der Ganglien mit den Hirnschenkelfasern zerstört wurden (eine Operation, welche meiner Meinung nach einer gänzlichen Zerstörung des Streifenhügels gleichkommt), so war das Resultat vollständige Hemiplegie. Die Glieder erschienen völlig kraftlos, und ausserdem trat gewöhnlich eine laterale, bogenförmige Verdrehung des Körpers mit der Concavität nach der Seite der Läsion hin ein. Ein derart operirtes Thier war nicht im Stande, sich in der normalen Stellung zu erhalten, es fiel hilflos

nieder; wenn es sich zu bewegen versuchte, so wurde es durch die Action der nicht gelähmten Seite angetrieben, sich in einem Kreise zu bewegen. Die Zerstörung beider Streifenhügel machte das Thier völlig kraftlos und lahm.

Beim Kaninchen hingegen hat die Zerstörung der Rindencentren im Vergleiche mit dem Hunde eine weniger deutliche und mehr vorübergehende Affection der Motilität zur Folge. Zerstörung des Streifenhügels an der einen Seite erzeugt, nach Nothnagel's und meinen eigenen Experimenten, Parese der contralateralen Glieder und laterale Verdrehung nach der Seite der Läsion hin; allein das Thier kann sich noch auf den Füßen aufrecht erhalten, springt fort, wenn man es reizt, und zwar mit verhältnissmässiger Kraft und Freiheit der Bewegung. Selbst wenn beide Streifenhügel zerstört werden, kann das Thier noch seine normale Stellung innehalten, wenn auch die Glieder, besonders die vorderen, häufig ausweichen und unregelmässige Bewegungen ausführen.

Die Extremitäten können, wenn man dies vorsichtig ausführt, in irgend eine beliebige Position gebracht werden, ohne dass das Thier Widerstand leistet oder einen Versuch macht, seine Glieder zurückzuziehen. Allein wenn es gekneipt wird, springt es davon. Ein Thier, dessen beide Streifenhügel zerstört wurden, bleibt in der Regel ganz bewegungslos, solange man es nicht stört; mitunter habe ich allerdings auch spontane Bewegungen ohne die Einwirkung eines äusseren Reizes eintreten gesehen. Ich habe ferner beobachtet, dass der Appetit, der Nahrungstrieb, erhalten bleibt und sich durch unregelmässige, erfolglose Versuche, welche das Thier anstellt, um die Nahrung zu erreichen und zu kauen, bemerkbar macht. Es unterscheidet sich demnach ein Kaninchen, an welchem die Streifenhügel allein zerstört wurden, wesentlich von einem solchen, welchem die Grosshirnhemisphären gänzlich entfernt wurden, und zwar darin, dass dem ersteren die Spontaneität, die innere Anregung zu Actionen, erhalten bleibt (vergl. Cap. XI.).

§. 87. Diese Verschiedenheiten in den Resultaten, welche sich nach Zerstörung der Rindencentren und der Streifenhügel beim Menschen, Affen und Kaninchen gezeigt haben, sind im Stande, mehr Klarheit über die speciellen Functionen dieser Ganglien zu verbreiten.

Beim Kaninchen wird die Fähigkeit zu coordinirten Bewegungen weder durch Zerstörung der Streifenhügel, noch der Rindencentren, noch beider zusammen aufgehoben. Beim Hunde lähmt Zerstörung der Streifenhügel, wenigstens für eine Zeit, alle Bewegungsfähigkeit, welche durch Entfernung der Rindencentren bloss partiell und vorübergehend afficirt wurde, während schliesslich beim Affen und beim Menschen Zerstörung der Streifenhügel nur wenig zur vollständigen, motorischen Lähmung hinzufügt, wie solche schon nach Exstirpation der Rindencentren eintritt.

Wir können uns diese Unterschiede nur aus dem bereits wiederholt angeführten Grundsatz genügend erklären: dass nämlich die einzelnen Thiere hinsichtlich des Grades, in welchem die motorischen Leistungen in den Mittelhirn- und niederen Centren unabhängig organisirt sind, wesentlich differiren. Dies findet bei Kaninchen in höherem Maasse als bei Hunden statt, wie wir ja durch die deutlichen Unterschiede zwischen den Resultaten einer Abtragung der Grosshirnhemisphären bei den bezüglichen Thieren gesehen haben. Bewegungen, welche ursprünglich und direct einer Willensanstrengung bedürfen (womit ich eine Thätigkeit meine, welche durch bewusste, unmittelbare oder reproducirte Eindrücke bedingt ist), solche Bewegungen werden in Folge der wiederholten Ausführung automatisch, und je weniger mannigfaltig und complicirt diese Bewegungen sind, desto schneller bildet sich eine solche automatische Organisation heraus.

Es geht aus den Versuchen am Hunde hervor, dass die Streifenhügel jene Gehirnthteile sind, in welchen diese Organisation stattfindet. Sie bilden gleichsam die Centren einer automatischen, vom Willen unabhängigen Integration der einzelnen, in der Grosshirnrinde differenzirten, psychomotorischen Centren.

Die mannigfaltigeren und complicirteren motorischen Leistungen des Menschen und des Affen hingegen sind abhängiger von der reinen Bewusstseinsthätigkeit und brauchen dem entsprechend längere Zeit und Uebung, bis sie erlernt oder automatisch ausführbar werden. Wir wissen aber, dass in Folge constanter, fortgesetzter Wiederholung gewisse Thätigkeitsformen, welche nur durch lange, mühevollen Uebung und bewusste Anstrengung erlernt werden, schliesslich ganz leicht, ohne Aufmerksamkeit, ja selbst gänzlich ohne Mitwirkung des Bewusstseins, ausgeführt werden können.

Wie wir also nach dem Gesagten die Streifenhügel als die Centren für die automatische Organisation der Bewegungen ansehen dürfen, so stehen die Sehhügel andererseits in einem ähnlichen, subordinirten Verhältnisse zu den sensorischen Rindencentren. Unsere früheren Versuche haben klar dargethan, dass Bewusstseinsvorgänge nicht in den Sehhügeln stattfinden, sondern dass die Centren für die Wahrnehmungen oberhalb derselben gelegen sind.

Soll daher in Folge eines Sinneseindrucks eine wirkliche Willensbewegung ausgeführt werden, so muss jener zwar in der Regel vorerst vor das Bewusstsein treten, allein es kann diese Action durch Uebung und häufige Wiederholung so erleichtert werden, dass sie auf einen Sinnesreiz erfolgt, ohne dass dieser zum Bewusstsein gelangt; das Band zwischen Sinneseindruck und motorischer Leistung kann in den sensorischen und motorischen Centren so enge verknüpft werden, dass letztere zu einer ausserhalb der Bewusstseinsphäre vor sich gehenden Reflexaction wird. In einem solchen Falle können wir annehmen, dass der im Sinnesorgane zu Stande kommende Eindruck an die Sehhügel gelangt und von da direct auf die Streifenhügel einwirkt, statt den weiteren Bogen durch die Bewusstseinsphäre, die sensorischen und motorischen Rindencentren zu beschreiben. Dieser kürzere (automatische) Bogen ist beim Hunde für die Zwecke der Locomotion ausreichend; solches wird uns durch die Thatsache bewiesen, dass, trotz der Unterbrechung des weiteren Weges nach Excision der motorischen Rindencentren, Bewegungen noch immer in Folge von unmittelbaren Sinneseindrücken, oder auch (solange die sensorischen Rindencentren erhalten sind) in Folge bloss reproducirter Vorstellungen, mit erträglicher Präcision und Sicherheit ausgeführt werden können. Zerstörung der Streifenhügel vernichtet aber die organischen Grundlagen für diese Bewegungen, und das Thier liegt in Folge dessen hilflos, vollständig gelähmt am Boden.

Beim Menschen hingegen scheint diese kürzere Bahn durch Seh- und Streifenhügel nicht genügend zu sein, denn die Unterbrechung des weiteren Weges durch die Hirnrinde bei Läsionen der motorischen Rindencentren führt zu vollständiger, andauernder Lähmung.

Wir können noch weiter gehen und sagen, dass selbst die geläufigsten und am meisten automatischen Actionen des Menschen

die Mitwirkung der Bewusstseinscentren in Anspruch nehmen, eine Ansicht, welche von Ireland¹⁾ eifrigst verfochten wird.

Wenn also die Basalganglien zur Ausführung gewohnter Bewegungen beim Menschen keineswegs vollständig genügen, so haben wir doch allen Grund anzunehmen, dass sie hierzu bis zu einem gewissen Grade im Stande sind, indem ja durch die Ausführung solcher geläufigen Actionen die Bewusstseinsthätigkeit der Hirnrinde in anderen Gebieten nur wenig gestört wird.

Wir können demnach sagen, dass bei Leistungen, welche eine bewusste Wahrnehmungs- und Willensthätigkeit beanspruchen, der weitere Bogen benutzt wird, dass dieser aber für die geläufig, automatisch gewordenen Leistungen zum grossen Theile durch die innige Verknüpfung, welche in den Basalganglien zwischen Empfindung und Action zu Stande gekommen ist, überflüssig gemacht wird. Die Seh- und Streifenhügel bilden somit nach der Anschauung von Carpenter einen sensori-motorischen Mechanismus. Gegen diesen Ausdruck möchte ich nur einwenden, dass unter Sensation oder Wahrnehmung das Bewusstwerden eines Eindruckes — das ja keine Function der Sehhügel bildet — verstanden wird; die Reaction zwischen Seh- und Streifenhügel liegt vielmehr ausserhalb der Bewusstseinsphäre, ausserhalb des Gebietes der psychischen Thätigkeit im engeren Sinne.

¹⁾ Ireland, Can unconscious Cerebration be proved? Journ. of Ment. Science, 1875 October.

Elftes Capitel.

Die psychischen Functionen des Grosshirnes.

§. 88. Bis jetzt haben wir das Gehirn hauptsächlich nur in objectiver oder physiologischer Beziehung betrachtet, und sind zu dem Schlusse gekommen, dass dieses Organ ein zusammengesetztes System von Bewegungs- und Empfindungscentren darstellt.

In subjectiver Beziehung sind die Functionen des Gehirnes gleichbedeutend mit geistigen Vorgängen, deren Betrachtung der Psychologie und der subjectiven Untersuchungsmethode zufällt. Keine rein physiologische Untersuchung vermag die Erscheinungen des Bewusstseins vollständig zu erklären. Doch kann das physiologische Experiment, indem es uns die anatomischen Grundlagen des Bewusstseins in ihrer Bedeutung verständlich macht, dazu dienen, einige noch dunkle Beziehungen normaler und anormaler Zustände des Gehirnes zu normalen und anormalen psychischen Erscheinungen aufzuklären.

Es liegt nicht im Plane des vorliegenden Werkes, eine Analyse des Geistes oder der Gesetze geistiger Vorgänge darzulegen, sondern es sollen nur, gestützt auf die in den früheren Capiteln durch Experimentaluntersuchungen festgestellten That- sachen, einige Beziehungen zwischen den physiologischen und psychologischen Gehirnfunktionen besprochen werden, wie sie sich der Betrachtung des Arztes und des medicinischen Psychologen darbieten.

Dass das Gehirn das Organ des Geistes ist, und dass geistige Vorgänge nur in und durch das Gehirn möglich sind, ist jetzt so allgemein und feststehend anerkannt, dass wir ohne weitere

Frage davon als von einer bestimmten Thatsache ausgehen können.

Aber wie es geschieht, dass moleculäre Vorgänge in den Gehirnzellen mit Bewusstseinsprocessen zusammenfallen — wie z. B. die auf die Retina fallenden Lichtschwingungen jenen Vorgang im Bewusstsein hervorrufen, welchen man eine Gesichtswahrnehmung nennt, ist ein Problem, dessen Lösung uns unmöglich fällt. Es kann gelingen, die wahre Natur dieser moleculären Veränderungen, welche in den Gehirnzellen bei einer Wahrnehmung stattfinden, zu erforschen — aber das wird uns dem Verständnisse der eigentlichen Natur dessen, was die Wahrnehmung ausmacht, nicht einen Schritt näher bringen. Das eine ist objectiv, das andere subjectiv, und keines kann durch Bezeichnungen des anderen ausgedrückt werden. Wir können nicht sagen, dass beides identisch sei, oder etwa, dass das eine in das andere übergehe; sondern nur, wie Laycock sich ausdrückt, dass die beiden neben einander bestehen, oder, wie Bain¹⁾ meint, dass es sich um wesentlich Eines handle „mit zwei Classen von Eigenschaften, zwei Seiten, einer physischen und einer geistigen — eine Einheit mit zwei Gesichtern“.

An anderer Stelle (S. 159) sagt Bain: „Wir haben allen Grund anzunehmen, dass neben unseren geistigen Processen eine ununterbrochene Folge von materiellen einhergehe. Vom Eintritt einer Empfindung an bis zur Vollendung der entsprechenden äusseren Handlung ist die geistige Folge auch nicht einen Augenblick von einer physischen Folge losgelöst. Eine neue Aussicht eröffnet sich dem Blicke: das geistige Resultat ist Empfindung, Gemüthsbewegung, Denken — es endet äusserlich mit Sprache und Geberde. Parallel mit dieser geistigen Erscheinungsreihe geht die physische, die auf einander folgende Reizung der physischen Organe. . . . Während wir den geistigen Kreislauf von Empfindung, Gemüthsbewegung und Denken durchlaufen, findet gleichzeitig ein ununterbrochener, physischer Kreislauf von Wirkungen statt. Es würde mit Allem, was wir von der Gehirnthatigkeit wissen, unvereinbar sein, wollten wir annehmen, die Kette der physischen Processe ende plötzlich in einer physischen Leere, die von einer immateriellen Substanz ausgefüllt sei, welche

¹⁾ Bain, Geist und Körper, 1874, S. 241.

immaterielle Substanz dann, nachdem sie allein gearbeitet, ihre Resultate dem anderen Ende des physischen Zwischenraumes mittheile und so die active Antwort bestimme — zwei Küsten von materieller und dazwischen ein Ocean von immaterieller Substanz. Es findet factisch keine Unterbrechung in der Continuität der Nerven statt. Die einzig haltbare Annahme ist die, dass geistige und physische Processe gleichen Schritt mit einander halten, wie unzertrennbare Zwillinge. Wenn wir demnach von einer geistigen Ursache, einem geistigen Triebe sprechen, so handelt es sich immer um eine zweiseitige Ursache; die herbeigeführte Wirkung ist nicht die des Geistes allein, sondern des Geistes und des Körpers.“

In Uebereinstimmung mit dieser Annahme muss aus den experimentellen Ergebnissen hervorgehen, dass geistige Operationen in letzter Instanz nichts Anderes sein können, als die subjective Seite von sensorischen und motorischen Substraten. Diese Ansicht ist wiederholt und klar von Hughlings-Jackson¹⁾ ausgesprochen worden, mit dessen physiologischen und psychologischen Folgerungen aus klinischen und pathologischen Daten ich mich häufig in voller Uebereinstimmung befinde.

§. 89. Die physiologische Thätigkeit des Gehirnes entspricht übrigens in räumlicher Beziehung nicht vollkommen seinen psychologischen Functionen. Das Gehirn als Organ der Bewegung und Wahrnehmung oder des darstellenden Bewusstseins (*presentative consciousness*) ist ein einzelnes Organ aus zwei Hälften zusammengesetzt; das Gehirn als Organ der Ideenbildung, des vorstellenden Bewusstseins (*representative consciousness*) ist ein doppeltes Organ, jede Hemisphäre an und für sich vollständig. Wenn eine Hemisphäre entfernt oder durch Krankheit zerstört wird, so werden Bewegung und Wahrnehmung einseitig aufgehoben; aber die geistigen Vorgänge können doch in ihrer Vollständigkeit lediglich durch die Thätigkeit der Einen Hemisphäre verlaufen. Ein durch Erkrankung der einen Gehirnhälfte, z. B. der rechten, an der entgegengesetzten Seite in Bewegung und Wahrnehmung gelähmtes Individuum ist nicht geistig gelähmt, denn es vermag mit der einen Hälfte noch zu fühlen, zu wollen, zu denken und mit voller

¹⁾ Hughlings-Jackson, Clinical and Physiological Researches on the Nervous System. (The Lancet, 1875.)

Intelligenz aufzufassen. Wenn diese Functionen auch nicht mit derselben Energie wie zuvor von Statten gehen, so scheinen sie doch an ihrer Vollständigkeit nichts eingebüsst zu haben.

§. 90. Um zu bewirken, dass Eindrücke, welche die speciellen Sinnesorgane treffen, jenen subjectiven Vorgang hervorrufen, welchen man eine Wahrnehmung nennt, ist es nothwendig, dass sie gewisse moleculäre Veränderungen in den Zellen ihrer bezüglichen corticalen Centren veranlassen und zu Stande bringen.

Ist der *Gyrus angularis* (resp. die *Gyri angulares*) zerstört oder functionell unthätig, so bringen Erregungen der Retina und des optischen Apparates zwar dieselben physikalischen Processe hervor wie gewöhnlich, aber sie afficiren das Bewusstsein nicht; diesen Vorgängen kommt dann keine subjective Seite zu.

Der optische Apparat ohne den *Gyrus angularis* könnte mit einer photographischen Camera ohne die empfindliche Platte verglichen werden. Die Lichtstrahlen vereinigen sich zwar im Focus wie gewöhnlich, aber sie entfalten keine chemische Thätigkeit und lassen keine Spur zurück, sobald das Object entfernt, oder das von ihm ausstrahlende Licht abgehalten wird. Der *Gyrus angularis* verhält sich wie die empfindliche Platte. Die Zellen gehen gewisse moleculäre Veränderungen ein, welche mit bestimmten subjectiven Veränderungen zusammenfallen, wodurch eben das Bewusstwerden des Eindruckes oder die specifische Gesichtswahrnehmung dargestellt wird. Und so wie die sensitive Platte in gewissen chemischen Zersetzungen die Form des der Camera vorgehaltenen Objectes widerspiegelt, so prägen sich in der Hirnrinde (speciell im *Gyrus angularis*) in bestimmten Zuständen ihrer Zellen die sichtbaren Charaktere des betrachteten Objectes ab. Ja wir können die Analogie noch weiter verfolgen. Gerade so wie die durch das Licht hervorgebrachte chemische Zersetzung fixirt werden kann, und somit ein bleibendes Bild des Objectes zur wiederholten Betrachtung darbietet, so bleiben auch jene moleculären Veränderungen in den Zellen, welche mit der Vorführung des Gegenstandes vor das Auge zusammenfielen, beständig, und bilden die organische Grundlage für die Erinnerung an das Object. Werden nun dieselben Processe in den Zellen wieder angeregt, so tritt auch die Vorstellung des betreffenden Objectes wieder vor das Bewusstsein: die Vorstellung wird reproducirt. Es soll natürlich mit diesen Analogien nicht gemeint sein, dass die Objecte

in der Weise im *Gyrus angularis* photographirt werden, wie die Gegenstände auf der sensitiven Platte, sondern nur, dass derartige bleibende Veränderungen in den Zellen hervorgebracht werden, welche die physiologischen Repräsentanten für die optischen Charaktere des dem Auge vorgeführten Gegenstandes darstellen.

Die optischen Merkmale beziehen sich ausschliesslich auf Lichtschwingungen, doch nur wenige Gegenstände kennt man durch diese allein. Die meisten Objecte afficiren auch andere Sinne, und beziehen sich vielleicht auch auf Muskelbewegungen; die Vorstellung des Objectes als ein Ganzes aber ist die Wiedererregung der betreffenden Processe in den Zellen in jedem der Centren, welches bei dem Wahrnehmungsacte betheiligt war. Denn was von dem *Gyrus angularis* oder Sehcentrum gilt, das gilt *mutatis mutandis* auch von den anderen Sinnescentren. Jedes derselben ist die organische Basis des Bewusstwerdens für die eigenen specifischen Sinnesindrücke, und jedes ist auch die organische Basis des Gedächtnisses für solche Eindrücke, und zwar vermittelt bestimmter moleculärer Vorgänge in den Ganglienzellen, deren nochmalige Einleitung die Reproduction oder die ideale Wiederbelebung der individuellen, sinnfälligen Merkmale des Gegenstandes darstellt. Der innige, organische Zusammenhang dieser Elemente vermittelt der Association macht es möglich, dass die Reproduction einer Reihe von Merkmalen auch die Vorstellung des Ganzen wieder wachruft.

§. 91. Wir dürfen deshalb die sensorischen Rindencentren nicht lediglich als die Organe des Bewusstwerdens unmittelbarer Sinneseindrücke betrachten, sondern müssen sie auch als den Aufbewahrungsort der einzelnen Sinneserfahrungen ansehen. Dies organische Gedächtniss ist die physische Grundlage des „Behaltens“, und die Möglichkeit einer Wiedererregung bildet die organische Basis der Erinnerung und Ideenbildung. Wir haben dergestalt eine physiologische Begründung jenes Gesetzes, zu welchem Bain¹⁾ auf anderen Wegen gelangt war, nämlich, dass „das erneute Gefühl dieselbe Stelle und in derselben Weise wie das ursprüngliche Gefühl einnimmt“. Nach Spencer ist die Reproduction eines Eindruckes die schwache Wiederbelebung derselben Processe, welche bei der directen Einwirkung des Objectes in starkem Grade erregt wurden. Jene moleculäre Schwingung,

¹⁾ l. c. pag. 108.

wenn wir so sagen dürfen, welche gelegentlich einer Wahrnehmung von dem peripheren Sinnesorgane ausgeht, wird bei der reproducirten Empfindung wiederholt, jedoch, in der Regel, nicht so mächtig, um bis zur Peripherie fortschreiten zu können; obgleich, in seltenen Fällen, diese centrale Wiederbelebung auch so intensiv sein kann, dass factisch der periphere Eindruck nochmals zu Stande kommt. Das letztere geschieht in gewissen krankhaften Zuständen, wie sie unter der Benennung „fixe Ideen“ beschrieben werden, oder in Sinneshallucinationen bei krankhaften Gehirnzuständen, wie in der Epilepsie und im Wahnsinne.

Diese Erinnerungsfähigkeit für Sinneseindrücke ist die Grundlage unseres Wissens. Wenn die Sinneseindrücke verschwänden, oder nur so lange anhielten, wie das Object selbst gegenwärtig ist, so wäre der Umfang unserer bewussten Intelligenzthätigkeit auf die Gegenwart beschränkt, und wir besäßen kein wirkliches Wissen. Wissen aber bedingt das Bewusstsein von Gleichheit und Unterschied. Wir können nur behaupten zu wissen, wenn wir die Identität oder den Unterschied zwischen vergangenen und gegenwärtigen Bewusstseinsvorgängen erkennen. Wir wissen, dass eine gewisse Farbe grün ist, indem wir eine Aehnlichkeit oder Gleichheit zwischen der gegenwärtigen und einer vergangenen Farbenwahrnehmung erkennen, oder aber einen Unterschied zwischen dieser und irgend einer anderen Farbe im Spectrum bemerken. Hätten wir nicht die Erinnerung für die vergangenen Wahrnehmungen, sowie die Fähigkeit, sie zu reproduciren und als Grundlage für Vergleiche zu benutzen, so wären wir ganz unfähig, Aehnlichkeit oder Unterschied zu erkennen. Unser Bewusstsein würde nur von einem Momente zum anderen reichen, es gäbe keinen Zusammenhang in der fortlaufenden Zeit, und Wissen wäre unmöglich. Die Grundlage des Bewusstwerdens einer Gleichheit ist die erneute Hervorrufung derselben moleculären Vorgänge, wie sie bei einem früheren Eindrucke stattgefunden hatten, durch einen gegenwärtigen Eindruck — und die Basis für die Erkenntniss einer Verschiedenheit ist der Uebergang von einem physikalischen Zustande zu einem anderen. Die sensorischen Centren sind also nicht nur die Organe der Wahrnehmung oder des Bewusstwerdens unmittelbarer Eindrücke, sondern sie enthalten in der Haltbarkeit und Wiedererregbarkeit der entsprechenden physikalischen Vorgänge die Grundlage und die

Möglichkeit einfachen und complicirten Wissens, insoweit als dieses von der Sinneserfahrung allein abhängt.

Die Zerstörung des Sehcentrum macht daher das Individuum nicht nur blind für die Gesichtseindrücke selbst, sondern auch blind für die Reproduction derselben Vorstellungen; alle jene Vorstellungen, welche sich aus Gesichtsmerkmalen theilweise oder gänzlich zusammensetzen, werden mangelhaft und unvollständig, oder werden gänzlich aus dem Bewusstsein ausgerottet. Die Zerstörung des Auges macht das Individuum nur blind für die Aufnahme der Gesichtseindrücke, aber das Gedächtniss für die früheren Gesichtswahrnehmungen und die psychische Verwerthung derselben bleiben unangetastet. Vom höchsten Interesse würde es sein, festzustellen, ob an einem blindgeborenen Individuum das Sehcentrum gewisse Eigenthümlichkeiten zeigt, welche es in Bezug auf die Form der Zellen, deren Fortsätze oder sonstwie von dem Sehcentrum eines normalen Gehirnes unterscheiden. Wäre dies zu entdecken, so würden wir damit dem Verständnisse der physikalischen Basis für eine Vorstellung bedeutend näher kommen.

§. 92. So viel bloss in Beziehung auf die Urelemente der Bewusstseinsthätigkeit auf sensorischem Gebiete. Die Stoiker sagten: „*Nihil est in intellectu, quod non prius fuerit in sensu*“; aber dies ist nur wahr, insoweit der Mensch als ein empfindender, und nicht als ein selbstthätiger Organismus aufgefasst wird. Doch der Mensch ist im Besitze nicht bloss von passiven und empfindenden, sondern auch von activen oder motorischen Fähigkeiten, und diese letzteren sind ebenfalls in der Bewusstseinsphäre vertreten, sie bilden einen integrirenden Bestandtheil der gesamten Geistesthätigkeit.

Wenn wir den obigen Ausspruch nur so auffassen, dass die geistige Leistung mit einer Wahrnehmung beginnt, so mag er als wahr gelten. Die Quellen der bewussten Thätigkeit, oder der Anlass zum Wollen, sind unmittelbare oder ideell reproducirte Wahrnehmungen und was sich daran knüpft. Wahrnehmungen werden ja im Bewusstsein von Gefühlen begleitet, welche in zwei grosse Classen getheilt werden können, in Schmerz- und Lustgefühle. Sowie die Wahrnehmungen die subjective Seite gewisser physikalischer Vorgänge in den Nerven und Nervencentren bilden, so mögen die Gefühle von Lust und Unlust als der subjective Ausdruck einer physikalischen Harmonie oder Disharmonie zwischen

dem Organismus und den auf letzteren einwirkenden Einflüssen bezeichnet werden. Eine schmerzhaftige Wahrnehmung ist ein physiologischer Zwiespalt, der mit Gesundheit und Wohlbehagen unverträglich ist; — eine angenehme Wahrnehmung ist ein physiologisches Zusammenstimmen, welches Gesundheit und Wohlbehagen fördert. Bain drückt dieses Factum aus als das Gesetz der Selbsterhaltung. „Zustände der Lust sind mit einer Steigerung, Zustände des Schmerzes mit einer Niederdrückung einiger oder aller Lebensfunctionen verbunden.“

Da die reproducirte oder ideelle Wahrnehmung dieselben Theile in Thätigkeit versetzt, wie die ursprüngliche Wahrnehmung, so sind auch die reproducirten Gefühle und Gemüthsbewegungen in denselben Partien localisirt. Die sensorischen Centren und die Centren für die Vorstellungen und Gemüthsbewegungen sind also eins und dasselbe. Die Gefühle, welche die höheren Sinne (Gesicht und Gehör) begleiten, bilden die Grundelemente der ästhetischen Gemüthsbewegungen, welche sich auf Gesichts- und Klangharmonien gründen.

§. 93. Die einzelnen Sinne unterscheiden sich wesentlich von einander, je nachdem das rein sinnliche (unterscheidende) oder das Gefühlsmoment in ihrer Zusammensetzung überwiegt, sowie in Bezug auf ihre Reproducirbarkeit als Vorstellungen oder Gefühle. Im Gesichtssinne ist das Gefühlsmoment dem rein sinnlichen untergeordnet, oder kann fast ganz fehlen, und erfordert in der Mehrzahl der Fälle erst eine Ausbildung; in den Wahrnehmungen des organischen Lebens ist das Gefühlsmoment im höchsten, der rein sinnliche Antheil im geringsten Grade vorhanden. Organische Eindrücke sind, mit wenigen Ausnahmen, im Allgemeinen, wenn sie sich nicht zu schmerzhafter Intensität steigern, dunkel und nicht localisierbar, und die gesunde oder kranke physiologische Thätigkeit drückt sich subjectiv als ein unbestimmtes und nicht leicht zu definirendes Gefühl von Wohl- oder Uebelbefinden aus, Euphorie oder Dysphorie (Laycock).

Die Wahrnehmungen der organischen Sphäre und ihre cerebralen Centren — wahrscheinlich die Hinterhauptlappen — bilden auf diese Weise gleichsam die eigentliche Grundlage, den allgemeinen Hintergrund der Lust- oder Unlust-Gefühle. Krankhafte Zustände der Eingeweide und ihrer Gehirncentren sind unverträglich mit dem Gefühle des Wohlbefindens. Da nun normale

Zustände der Eingeweide Lustgefühle, und krankhafte Zustände der Eingeweide Unlust oder deprimirende Gefühle erregen, so werden umgekehrt — nach dem obigen Grundsatz, dass die reproducirte Vorstellung dieselbe Stelle einnimmt wie die ursprüngliche — freudige Erregungen die vitalen Functionen befördern, schmerzliche aber dieselben herabdrücken und Erkrankungen in den Eingeweiden hervorrufen. Es ist noch nicht experimentell sichergestellt, ob die verschiedenen Eingeweide individuell in den Hemisphären repräsentirt sind. Doch ist Letzteres nicht unwahrscheinlich; und die alte Localisation gewisser Gefühle in bestimmten Organen ist, obwohl sehr roh, doch nicht ganz ohne Begründung in positiven physio-psychologischen Facten. Krankhafte Zustände der Eingeweide oder der Centren für die organischen Wahrnehmungen mögen in gegenseitiger Aufeinanderwirkung Veranlassung zur Entstehung von Melancholie und Hypochondrie geben, und gerade wie sich Erkrankungen der Eingeweide oft in localisirbaren, sympathischen Neurosen ausdrücken, so projecirt auch das melancholische Individuum die dunklen Gefühle auf irgend ein bestimmtes objectives Gebiet als die Ursache seiner Leiden. Ein derartiger Kranker bildet sich ein, dass seine Eingeweide von einem hässlichen Thiere angenagt werden, oder dass sein Körper der Sitz dämonischer Umtriebe sei. Die specielle Form der Hallucination wird je nach dem Individuum und seinem Bildungsgrade variiren, sich dabei aber immer in peinigenden und schädigenden Bildern bewegen.

§. 94. Die physiologischen Bedürfnisse des Organismus, insoweit sie local unterscheidbare Eindrücke veranlassen, äussern sich subjectiv als bestimmte Triebe und Verlangen, welche die bewussten Begleiter physiologischer Bedürfnisse sind. Der Nahrungstrieb ist das Verlangen, einer localen Empfindung zu genügen, welche dem Magen angehört, in dem sich die physiologischen Bedürfnisse des Organismus centralisiren. Die Basis des Hungergefühles und des Nahrungstriebes ist der Magenast des Vagus und die cerebralen Centren desselben. Und gleichwie örtliche Zustände des Magens das Gefühl des Hungers aufheben oder steigern können, so vermag eine centrale Erkrankung auch Anlass zur Entstehung des Heisshungers oder aber der Sitophobie zu geben, wie wir solche Beispiele bei Geisteskranken finden.

Das körperliche Bedürfniss nach Wasser drückt sich in einer Trockenheit des Schlundes aus, welche die Grundlage des

Durstgefühles und des Triebes zu trinken ist. Uebrigens sind die Eindrücke in diesem Falle mehr tactiler als rein organischer Natur, und dies mag es auch erklären, warum Läsionen, welche wie wir bei ausgedehnter Zerstörung der Hinterhauptlappen gesehen haben, die Aufhebung des Nahrungstriebes zur Folge haben, doch das Gefühl des Durstes nicht auslöschen.

Der Geschlechtstrieb, obwohl aus dem Bedürfnisse bestimmter drüsiger Organe hervorgehend, gipfelt in einer gewissen tactilen Wahrnehmung, von welcher auf reflectorischem Wege die Befriedigung des physiologischen Bedürfnisses durch functionelle Betätigung dieser ebengenannten Organe ausgeht. Der Geschlechtstrieb erscheint erst mit der Ausbildung der Zeugungsdrüsen. Sein Auftreten bedingt eine beträchtliche Störung in den anderen organischen Functionen und drückt sich subjectiv zuerst hauptsächlich in der Form von Gemüthserregbarkeit, oder in unbestimmtem Sehnen, in krankhaftem Verlangen oder in hysterischen Anfällen aus. Lange bevor das Band zwischen dem deutlichen Gefühle und der zu dessen Befriedigung bestimmten Handlung ein klar bewusstes geworden ist, können die Zeugungsdrüsen ihr Bedürfniss auf reflectorischem Wege während des Schlafes befriedigen, in jener Zeit, welche die Periode der Reflexerregbarkeit *par excellence* ausmacht.

Sowie nun eine krankhafte Reizung der Zeugungsorgane einen krankhaften Geschlechtstrieb zur Folge haben kann, ebenso kann umgekehrt der Geschlechtstrieb auch in abnormer Weise erregt werden, und zwar durch pathologische Reizung jener cerebralen Bahnen und sensorischen Centren, welche zu der Ausübung der geschlechtlichen Functionen in Beziehung stehen. Fälle der ersteren Art treffen wir in der Satyriasis oder Nymphomanie, welche häufig in Verbindung mit Krankheiten des mittleren Kleinhirnlappens steht; zur letzteren Art gehören die mancherlei krankhaften Erscheinungen des Geschlechtstriebes in Geisteskrankheiten, wenn die betreffenden Centren functionell oder organisch erkrankt sind.

Aus gewissen experimentellen Thatsachen haben wir geschlossen, dass die Centren der sexuellen Vorstellungen wahrscheinlich in jenen Regionen des Gehirnes zu suchen sind, welche die Hinterhauptlappen mit dem tieferen und inneren Theile des Schläfenlappens verbinden.

Da die reproductiven Organe bei Frauen ein so vorwiegendes

Element ihres Organismus bilden, so müssen sie dem entsprechend auch in den Gehirnhemisphären ausgedehnter repräsentirt sein, eine Thatsache, welche mit der grösseren Gemüthserregbarkeit der Frauen und der verhältnissmässig bedeutenderen Entwicklung der Hinterhauptlappen bei denselben im Einklange steht.

§. 95. Die verschiedenen Sinneswahrnehmungen, Gefühle und Triebe, mögen sie auf gegenwärtigen Reizen beruhen oder reproducirt sein, einzeln oder in associirten Combinationen, bilden die Anlässe zu Handlungen, die Motive des Wollens.

Der äussere Ausdruck gewisser physiologischer, schmerzhafter oder angenehmer Sinneseindrücke entsteht instinctiv oder unabhängig von der individuellen Ausbildung, indem der Eintritt dieser Eindrücke ins Bewusstsein, als mit Lust oder Schmerz verbundene Wahrnehmung, mit Ausdrucksbewegung zusammenfällt oder in unmittelbarer Folge zusammenhängt. Hierher gehören die spinalen Reflexactionen und die reflectorischen Ausdrucksbewegungen, welche, wie wir gesehen haben, durch Vermittelung der *Lobi optici* und der Mittelhirncentren, ohne Mitwirkung der Grosshirnhemisphären und unabhängig von ihnen, zu Stande kommen können.

Jede wirklich willkürliche Handlung ist aber andererseits das Ergebniss einer anerzogenen Ausbildung, welche bei den verschiedenen Thierclassen überhaupt, und hinsichtlich der verschiedenen einzelnen Willensäusserungen bei demselben Thiere eine in sehr weiten Grenzen schwankende Zeit erfordert.

Bei der Geburt hat weder der Mensch noch der Affe einen Willen — sie besitzen nur die Grundelemente seiner Zusammensetzung.

Die Handlungen des Kindes bewegen sich zuerst innerhalb der Grenzen gewisser Reflexantworten auf einzelne äussere oder innere Reize, oder sie beschränken sich auf unbestimmte, allgemeine motorische Actionen, welche nicht so sehr in einem bestimmten Reize ihren Grund haben, als in einer natürlichen Neigung der Nervencentren, ihren Ueberschuss an innewohnender Energie als Action zu entladen. Dieser letzteren Neigung gibt Bain den Namen „Spontaneität“. Ungeachtet es wohl nicht möglich ist, zu bestimmen, in wie weit dieser Ausfluss von Energie von centralen Impulsen allein abhängt, und in wie weit von äusseren oder inneren Eindrücken, welche allgemein auf die Nervencentren

einwirken, so bezeichnet der Ausdruck Spontaneität doch hinlänglich ein bestimmtes physiologisches, ursprünglich angelegtes Verhältniss.

Actionen, mögen sie reflectorisch hervorgerufen oder spontan entstanden sein, zeigen die Neigung, sich andauernd zu gestalten und zu wiederholen, wenn sie sich als physiologisch fördernd und subjectiv angenehm erweisen; während Thätigkeiten, welche physiologisch unzuträglich und subjectiv unangenehm sind, gehemmt oder vermieden werden.

Die bewusste Unterscheidung einer Wahrnehmung als einer angenehmen, deren Fortdauer in der Vorstellung als Verlangen, sowie ihre Association mit gesehenen, geschmeckten oder getasteten Dingen, kommt weit früher zu Stande, bevor die unmittelbare oder reproducirte Wahrnehmung mit einem differenzirten, durch sie bedingten, entsprechenden Bewegungsacte verbunden wird. Die Herstellung einer solchen Verbindung ist das Resultat eines glücklichen Zufalles, oder wiederholter Versuche und Irrthümer. Ungeachtet das Kind in den motorischen Centren seiner Hemisphären die Bedingungen zu differenzirten Bewegungsacten in sich trägt, so erfordert doch die besondere Auswahl oder Erregung eines derselben als Erwiderung auf eine gegenwärtige oder reproducirte Wahrnehmung erst die Herstellung eines organischen Zusammenhanges zwischen den speciellen Sinnescentren und dem speciellen motorischen Centrum: ein Zusammenhang, der nur durch Uebung und Wiederholung hergestellt werden kann. Irgend ein Gegenstand, welchen man dem Kinde vorhält, erzeugt durch seinen Anblick bei demselben einen angenehmen Eindruck und erweckt Verlangen; aber statt bereits eine bestimmte Thätigkeit zu dessen Befriedigung zur Folge zu haben, kommen nur vage und unbestimmte Bewegungen der Arme, Beine und Gesichtsmuskeln zu Stande, als Ausdruck einer allgemeinen Erregung der motorischen Centren. Im Verlaufe der Zeit kann aber das Centrum jener speciellen differenzirten Bewegung, welche zur Befriedigung des Verlangens nothwendig ist, in Thätigkeit versetzt werden, und dann wird ein bestimmter Willensact zum ersten Male vollständig zu Stande gebracht. Es werden dabei zuerst diejenigen Bewegungen unter die Controle des Willens gestellt, welche auch am leichtesten durch Reflexreize angeregt werden.

Ein Kind kann willkürlich mit seiner Faust greifen, lange bevor es seine Hand zum Munde zu führen oder bevor es mit der Hand etwas festzuhalten vermag. Dies entspricht der Thatsache,

dass die Hand im Stande ist, sich reflectorisch über einen Gegenstand zu schliessen, den man auf die Handfläche gelegt hat, lange bevor dieselbe Handlung willkürlich unternommen werden kann. Und es ist in der That interessant zu beobachten, wie bei einem Kinde mit der Zunahme der Willenskraft die erste schön differenzirte Handlung, welche in Folge einer Wahrnehmung oder eines bestimmten Verlangens ausgeführt wurde, als Ausdruck des Verlangens im Allgemeinen wiederholt wird, wie possirlich unzulänglich dieselbe auch zur Erreichung des gewünschten Zweckes sein möge. Wenn einmal die individuelle Thätigkeit der verschiedenen, speciell differenzirten motorischen Centren hergestellt ist, und zwar zuerst auf Grund besonderer Wahrnehmungen und Verlangens, so erweitert sich die Willensthätigkeit Schritt für Schritt, da die Centren neue Associationen zu bilden im Stande sind und dadurch die Mittel abgeben, vermöge aller der einfachen und zusammengesetzten Impulse, welche die sensorischen Centren trafen, Actionen anzuregen. Es können auf diese Weise die Associationsbahnen zwischen dem einen motorischen und den verschiedenen sensorischen Centren zahllos werden.

Der Umfang, in welchem dieser organische Verband zwischen sensorischen und motorischen Centren hergestellt wird, ist verschieden, je nach dem Grade der Complicirtheit der Bewegung und der Schwierigkeit der Ausführung. Complicirte und schwierige Bewegungen brauchen mehr Zeit zu ihrer Aneignung, als einfache, schon durch Reflex oder Ererbung erworbene; deshalb bedarf es längerer Zeit zur Erlernung der Articulationsbewegungen in Verbindung mit denen der Vocalisation, als dies für die Bewegungen der Arme und Beine der Fall ist. Bei den niederen Thieren ist die Willenscontrole über die Bewegungen und deren Coordination schon bei der Geburt fast vollkommen, oder braucht doch sehr wenig Uebung im Vergleiche mit der langen Hülfslosigkeit des Menschen.

Es gibt Vögel, welche schon vollständig ausgerüstet aus dem Eie kommen, wie Athene aus dem Kopfe des Zeus.

Solche Thiere sind in gewissem Grade lediglich „bewusste Automaten“. Sie können sich wohl Sinneserfahrung und Ideen-Associationen erwerben, aber auf motorischem Gebiete wenig mehr, als womit sie bereits ins Leben traten. Ihre motorischen Centren in der Rinde haben nur geringe Bedeutung; dieselben

können entfernt werden, ohne dass dadurch eine merkliche Störung in dem gewöhnlichen Thätigkeitsmodus verursacht würde. Kaninchen brauchen verhältnissmässig nur kurze Uebung, um ihre Fähigkeiten auszubilden, — Hunde und Katzen mehr; doch sind die letzteren schon weit vorgeschritten im Leben und haben bereits Vater- und Muttersorgen übernommen, wenn das menschliche Kind noch kaum einen Finger zu seinen eigenen Zwecken zu rühren vermag.

In demselben Verhältnisse, wie der Wille über die bewusste Automatik vorwaltet, ist auch Uebung zur Ausbildung der motorischen Fähigkeiten nothwendig; in demselben Verhältnisse sind die motorischen Rindencentren ausgebildeter; und genau in dem gleichen Verhältnisse erscheinen die motorischen Leistungen gelähmt, wenn die Bewegungscentren der Hemisphären zu Grunde gehen.

Beim Kaninchen ist die bewusste Automatik schärfer ausgeprägt, als beim Hunde, die Periode der bezüglichlichen Entwicklung kürzer, die Möglichkeit weiterer, specieller motorischer Aneignung eine geringe; die Rindencentren sind nur wenig entwickelt, und ihre Abtragung bedingt bloss eine leichte und vorübergehende Störung in dem Verlaufe der normalen Functionen. Beim Hunde tritt der Wille schon entschiedener in die Bewegungsthätigkeit ein; die Entwicklungsdauer ist eine längere; die Fähigkeit besonderer motorischer Aneignung über das blosse Locomotionsvermögen hinaus ist grösser; die Rindencentren sind viel höher ausgebildet, und ihre Entfernung bedingt weit grössere Störungen der motorischen Leistungen — zwar nicht mit dauernder Lähmung der bewussten Automatik, aber doch immer mit Aufhebung ihrer speciellen, angeeigneten willkürlichen Bewegungsformen. Beim Menschen dagegen ist der Wille das herrschende Princip; die Entwicklung und Ausbildung ist langdauernd und mühevoll; das Vermögen specieller motorischer Aneignung ist ganz unbegrenzt; die motorischen Rindencentren erreichen ihre höchste Entwicklung, und deren Zerstörung bedingt eine so vollständige und andauernde Lähmung der Bewegung, dass man deutlich erkennt, wie die Automatik an und für sich von den Centren des Bewusstseins und Wollens kaum mehr zu trennen ist.

§. 96. Gleichwie die Wahrnehmungscentren die organische Basis der Erinnerung an Sinneseindrücke bilden, und den Sitz

ihrer Wiederbelebung oder Reproduction (in der Vorstellung) abgeben, ebenso sind die motorischen Centren der Hemisphären nicht nur die Centren der differenzirten Bewegungen, sondern auch die organische Grundlage der Erinnerung an die betreffenden Bewegungen, sowie die Ausgangsstelle ihrer Reproduction und wiederholten Ausführung. Wir haben also ein Wahrnehmungs- und ein Bewegungsgedächtniss, Wahrnehmungs- und Bewegungsvorstellungen; die Wahrnehmungsvorstellungen sind reproducirte Wahrnehmungen, die Bewegungsvorstellungen sind wiederbelebte oder reproducirte Bewegungen. Bewegungsvorstellungen bilden ein eben so wichtiges Element unserer geistigen Vorgänge, als reproducirte Sinneswahrnehmungen.

Der Mensch ist, wie erwähnt, nicht allein ein passiver oder receptiver Organismus, fähig, die Eindrücke auf seine Sinnesorgane anzusammeln in der Gestalt sensorischer Vorstellungen oder Gefühle, sondern er ist auch ein activer oder ausübender Organismus, welcher die Fähigkeit zu zusammengesetzten und vielgestaltigen Thätigkeitsformen in sich trägt. Diese motorischen Leistungen, welche durch bestimmte originäre oder reproducirte Empfindungen oder Wahrnehmungen angeregt werden, stellen die Willkürbewegungen dar, und der organische Zusammenhang, welcher ununterbrochen zwischen den sensorischen und motorischen Centren besteht, ist die physische Basis unserer Erwerbungen auf dem Gebiete des Willens in ihrer ganzen, mannigfachen Reihe und Complicirtheit. Die motorischen Centren und motorischen Fähigkeiten verschaffen nicht nur die Bedingungen und die Möglichkeit vielfacher und verschiedener willkürlicher Bewegungen, wobei diese als motorische oder mechanische Errungenschaften gleichsam organisch deponirt werden, sondern sie erweitern auch das Feld der Sinneserfahrung in grossem Umfange und compliciren deren Resultate. Durch Kopf- und Augenbewegung dehnen wir das Gesichtsfeld bedeutend aus und vervielfältigen die Gesichtswahrnehmungen, und durch die Bewegungen der Glieder wird die Reihe der Tastempfindungen tausendfach vermehrt.

Es gibt nur wenige Gegenstände des Wissens, welche uns lediglich durch sinnliche Merkmale oder Eindrücke bekannt sind. Die weitaus grösste Menge der Erfahrungen wird vielmehr bedingt durch die gemeinsame Thätigkeit unserer Sinnes- und motorischen Fähigkeiten; unsere Vorstellungen sind demnach fast immer eine

gemischte Wiederbelebung von vorgestellten Bewegungen und Sensationen in ihrem wechselseitigen associirten Zusammenhange. So verhält es sich z. B. bei der Aneignung und Bildung von Vorstellungen der Form, Gestalt, des Gewichtes und Widerstandes u. s. w.

Unsere Vorstellungen von der Form sind nicht lediglich reproducirte Gesichtseindrücke, welche eigentlich auf Farben beschränkt sind (den Fall vielleicht ausgenommen, dass der gesehene Gegenstand nicht über die Weite eines Gesichtswinkels hinausgeht, welcher der Grösse der *Macula lutea* entspricht), sondern es sind optische Eindrücke, welche mit Vorstellungen von Augenbewegungen combinirt sind. Die Vorstellung eines Kreises ist die Combination der Vorstellung eines farbigen Umrisses mit der einer kreisförmigen Bewegung der Augäpfel, oder vielleicht der Tasteindrücke, welche der Vorstellung einer Arm- oder Handumdrehung entsprechen, oder möglicher Weise auch beider Factoren zusammen. Dieselben Elemente treten zur Bildung aller der verschiedenen Vorstellungen von Form und Gestalt zusammen, deren wir überhaupt fähig sind. Unsere Vorstellungen von Entfernung, Gewicht, Widerstand, sie alle bedürfen nicht bloss sensorischer Factoren, sondern dieser Factoren in Verbindung mit Muskelbewegungen. Irgend eine dieser Vorstellungen reproduciren heisst so viel, als das sensorische und motorische Element ihrer Zusammensetzung zu reproduciren, und wir haben dabei sogar die Neigung, jene activen Bewegungen, welche mit dem originären Wahrnehmungsacte verbunden waren, in unserer Vorstellung zu wiederholen. Es haben daher die Vorstellungen, insofern sie nicht lediglich Reproduktionen von bestimmten einfachen Sinneseindrücken oder motorischen Acten sind, keine umschriebene Localisation im Gehirne, sondern sie stellen die Wiedererregung jedes einzelnen sensorischen und motorischen Centrum dar, welches speciell bei ihrer Aneignung betheiligt war. Wir erkennen eine Orange an den besonderen, unterscheidbaren Eindrücken auf die Organe des Gesichtes, Geruches, Geschmackes und des Tastsinnes, sowie an gewissen Muskelbewegungen und Empfindungen, welche ihrer Form entsprechen; die Vorstellung einer Orange ist die associirte Wiedererregung jenes bleibenden Zustandes in den Nervenzellen, welcher in jedem der speciellen sensorischen und motorischen Centren ursprünglich bei dem Wahrnehmungsacte hervorgerufen wurde.

Praktisch gibt es keine Grenze für die Zahl der associirten Combinationen sensorischer und motorischer Elemente. Sensorische Centren gehen organische Associationen ein mit anderen sensorischen Centren; motorische mit motorischen; sensorische Centren, einfache und in zusammengesetzter Association, verknüpfen sich einfach oder in complicirter Weise mit motorischen Centren. In dieser Mannigfaltigkeit und Verschiedenheit dauernder Zustände und organischen Zusammenhanges zwischen sensorischen und motorischen Centren der Hemisphären haben wir die Grundlage aller Erwerbungen auf intellectuellem und Willensgebiete. Jedes motorische Centrum kann in organische Association mit jedem einzelnen sensorischen Centrum treten, und jede ausgebildete Association ist der Repräsentant eines bestimmten Bewusstseinsvorganges. Unter diesen mannigfaltigen Associationen zwischen Bewegungen und Wahrnehmungen hängen einige sehr lose, andere fester zusammen; während wieder eine sensori-motorische Association so constant ist, dass wir zu der Anschauung verleitet werden können, diese Verbindung sei ganz unlöslich. Letzteres gilt nämlich von der Association zwischen Muskelbewegung und Muskelsinn, welche unter normalen Verhältnissen so constant ist, dass Bain zu der Annahme bestimmt wurde, der letztere sei der unzertrennliche Begleiter jedes motorischen Impulses. Ich habe mich bemüht zu zeigen, dass diese Verbindung, obwohl constant, doch keine unzertrennliche ist, eine Unterscheidung, welche keineswegs nur eine Sache hyperkritischen Raffinements, sondern eine geradezu fundamentale ist, und zwar eine solche, welche die weitgreifendsten physiologischen und psychologischen Folgerungen nach sich zieht.

Da die Wahrnehmungen, welche mit der Muskelaction verbunden sind, sich eben so oft wiederholen, wie die Muskelaction selbst, so wird der organische Nexus zwischen den motorischen und den Tastcentren derart innig, dass dieser sensori-motorische Zusammenhang wie ein zusammengesetztes chemisches Radical als einfacher Factor in jede Association eintritt, welche motorische Centren mit anderen motorischen Centren und mit sensorischen Centren im Allgemeinen bilden können. Deshalb functioniren bei jeder Willensbewegung die sensorischen Tastcentren immer zugleich mit den motorischen Centren und bestimmen den Grad und die Ausdehnung der wirklich oder bloss in der Vorstellung

ausgeführten Bewegung. Bain wollte den sensorischen Factor als der Bewegung eigen hinstellen, während er doch nur dazutritt, allerdings unter normalen oder physiologischen Verhältnissen als eine untrennbare Zuthat, doch anatomisch und pathologisch trennbar.

In dem Processe der Erlernung von Willensbewegungen bilden sich diese Verbindungen hauptsächlich zwischen Wahrnehmungen und rechtsseitigen Bewegungen, so dass der organische Nexus sich besonders zwischen den sensorischen und den motorischen Centren der linken Hemisphäre herstellt, von wo aus die Bewegungen der rechten Seite ausgeführt und geleitet werden.

§. 97. Die Zunahme des Willensvermögens, die Bildung bleibender motorischer Erwerbungen und das Zustandekommen eines organischen Zusammenhanges zwischen sensorischen und motorischen Centren der Grosshirnhemisphären zeigen sich recht deutlich in der Aneignung der articulirten Sprache. Indem das Kind mit spontaner Vocalisation und mit spontanen Bewegungen des Articulationsapparates beginnt, und dabei durch nachahmende Wiederholungen von Seiten des Lehrers ermuthigt und unterstützt wird, erlangt dasselbe nach und nach die Fähigkeit, einen bestimmten Klang mit einer bestimmten Articulation zu verbinden, so dass mit dem gegebenen Laute die geeigneten Bewegungen der Articulations- und Stimmapparate in Thätigkeit gesetzt werden, um ihn zu reproduciren. Ein organischer, fester Zusammenhang zwischen den Hör- und Articulationscentren wird hergestellt, und solche Verbindungen vervielfältigen sich ins Unendliche, indem sich jeder articulirte Laut durch eine bestimmte sensori-motorische Association — durch die Lautarticulation — ausdrückt.

Ein weiterer Schritt in der sensori-motorischen Erwerbung ist die allmälige Herstellung von Associationsbrücken zwischen gewissen sichtbaren Schriftzeichen und gewissen Articulationen, und zwar in solcher Weise, dass ein bestimmter Buchstabe als das Aequivalent eines bestimmten Gehörseindrucks erkannt wird, so dass jener nun die entsprechende Articulation wieder mit Bestimmtheit und Genauigkeit wachrufen kann.

Hier ist das articulatorische oder motorische Element der Mittelpunkt von zwei sensorischen Verbindungen, wovon die eine dem Gehörssinne, die andere dem Gesichtssinne entspringt, und welche beide als sich deckend angesehen werden.

Bei Blinden bildet sich ein ähnlicher Zusammenhang zwischen gewissen Tasteindrücken und den Articulationscentren heraus, so dass bei einem bestimmten Tasteindrucke, gerade so wie bei einem bestimmten Gehörseindrucke, eine gewisse Articulationscombination ausgelöst wird.

Ein fernerer Fortschritt in dieser Complication ist auch die Aneignung der Fähigkeit, mittelst Fingerbewegungen derartige Schriftzeichen darzustellen, dass dieselben, sobald sie gesehen werden, durch Association gewisse Laute und Articulationen zur Vorstellung bringen.

So werden organische Verbindungen hergestellt zwischen den Gehörs- und Articulationscentren, zwischen denen des Gesichtes und der Articulation, oder denen des Tastsinnes und der Articulation, sowie ferner complicirtere Associationen zwischen den Centren des Gesichtes und des Gehörs, und zwischen den motorischen Centren der Articulation und der Handbewegungen.

Diese organischen Verbindungen entsprechen der Erlernung des gesprochenen und geschriebenen Wortes, sowie der Schreibekunst.

Man begreift, dass alle diese einfachen und complicirten Aneignungen und Verbindungen sich bilden können, ohne dass irgend eine Association zwischen gewissen articulirten Lauten oder geschriebenen Symbolen einerseits und gewissen Objecten oder Vorstellungen andererseits stattgefunden hätte; oder mit anderen Worten, sowohl das gesprochene als das geschriebene Wort kann erlernt werden, ohne Rücksicht auf den Gegenstand, welchen es bezeichnet. Denn der Zusammenhang zwischen dem Worte und dem genannten Gegenstande ist auch lediglich eine Association; die Worte an und für sich sind dabei nur Symbole. Doch hält die Association zwischen articulirten Lauten und den bezeichneten Dingen im Allgemeinen gleichen Schritt mit der Ausbildung der Sprache, ja letztere geht ihr sogar voran, so dass der Zusammenhang zwischen den Hör- und Articulationscentren complicirt wird durch die Association gewisser articulirter Laute mit bestimmten gesehenen, gehörten, gefühlten oder geschmeckten Objecten, oder überhaupt mit Gegenständen des Wissens im Allgemeinen.

Die Articulation kann also nicht bloss durch einen gewissen Laut, sondern auch durch die wirkliche Vorstellung des bezeichneten Gegenstandes angeregt werden. Die Articulationscentren

werden solchergestalt die centralen motorischen Vereinigungspunkte einer enormen Zahl von sensorischen Verbindungen, welche alle darauf ausgehen, die Articulation auszulösen, und welche ihrerseits wieder durch die wirkliche oder ideelle Articulation leicht vor's Bewusstsein gebracht werden. Die Articulation ist dabei das Wesentliche, während die Vocalisation nur untergeordnet ist, ja sogar ganz wegfallen kann, wie beim Lispeln.

Während nun die ursprünglichen Associationen bei Erlernung der articulirten Sprache zwischen Lauten und Articulationen — beim Sprechen — stattfinden, oder zwischen Schriftzeichen und Articulationen — bei der geschriebenen Sprache —, oder auch zwischen Lauten und Schriftzeichen einerseits und den damit bezeichneten Objecten andererseits — directe Associationen im ersten Falle, indirecte im zweiten —, können sich auch secundäre Associationen zwischen den Schriftzeichen und den damit bezeichneten Dingen bilden, wobei das Mittelglied der Articulation eine untergeordnete Stelle einnehmen, ja ganz ausfallen kann. Ein Laut ruft rasch die Vorstellung des bezeichneten Gegenstandes wach ohne die Intervention der Articulation. Uebrigens ist es nicht so gewöhnlich, dass ein Schriftzeichen die Vorstellung von dem betreffenden Objecte ohne Intervention einer Articulation, wenn diese auch mehr oder weniger unterdrückt wird, reproducirt. Bei der Mehrzahl der Menschen macht sich die Neigung bemerkbar, während des Lesens die geschriebenen Zeichen in die ihnen entsprechenden Articulationen zu übertragen. Je weniger geübt im Lesen und je weniger daran gewöhnt Jemand ist, desto deutlicher zeigt sich diese Neigung, und Viele können in der That nicht mit Verständniss lesen, wenn sie nicht alle Processe der Articulation durchmachen, welche durch die geschriebenen Buchstaben angedeutet sind.

§. 98. Wenn die motorischen Centren des Grosshirnes nicht allein die Centren für die Auslösung der Willensbewegungen sind, sondern auch zugleich die Centren darstellen, in welchen jene Bewegungen gleichsam registriert werden — worauf ja die Möglichkeit einer Wiederholung derselben Bewegung beruht —, so müssen wir erwarten, dass die Zerstörung der corticalen motorischen Centren nicht bloss eine objective motorische Lähmung bewirkt, sondern auch eine subjective motorische Paralyse, oder mit anderen Worten: einen Ausfall der Bewegungsvorstellungen.

Wenn ein Individuum sich durch Erlernung die Fähigkeit angeeignet hat, seine Gedanken symbolisch (schriftlich) durch Bewegungen der rechten Hand auszudrücken, so muss die Zerstörung der Handbewegungscentren in der linken Hemisphäre nicht allein Paralyse der rechten Hand verursachen, sondern auch im Bewusstsein die Ideenassociation zwischen den Gedanken und den rechtsseitigen Handbewegungen aufheben. Wenn ein blinder Taubstummer, wie Laura Bridgman, gewöhnt wäre, seine Gedanken und Ideen mit besonderen symbolischen Bewegungen der rechten Hand zu associiren, so würde eine solche Person in Folge von Zerstörung der Rindencentren für die Bewegungen der rechten Hand nicht allein hemiplegisch, sondern gewissermaassen auch aphasisch werden. Denn die Registrirung und Reproduction von Willensbewegungen muss in denselben Centren stattfinden, welche ursprünglich und speciell in Thätigkeit gezogen und in dieser Beziehung weiter ausgebildet worden sind.

Deshalb müssen auch die Erinnerung für Willensbewegungen und die Reproduction derselben, so weit sie Hand und Arm betreffen, hauptsächlich in der linken Hemisphäre localisirt sein, da man weiss, dass die Willensbewegungen und die motorischen Fertigkeiten bei der Mehrzahl der Menschen rechtsseitig entwickelt sind.

Die motorischen Articulationscentren bieten sowohl in physiologischer als auch in psychologischer Hinsicht einige besondere Eigenthümlichkeiten dar.

Physiologisch zeigen die Articulationscentren eine bilaterale Thätigkeit, wie ich experimentell nachgewiesen habe, da die Centren einer einzigen Hemisphäre genügen, um die Articulationsmuskeln beider Seiten zu innerviren. Deshalb bringt auch die Zerstörung der Articulationscentren einer Seite nicht vollständige Lähmung der Articulation hervor, sondern höchstens, wenn überhaupt, eine Parese an der entgegengesetzten Seite.

Während aber hinsichtlich der bloss physiologischen Erregung der Articulationsmuskeln nur wenig oder gar kein Unterschied zwischen den Articulationscentren der rechten und der linken Seite zu bestehen scheint, so finden wir dagegen einen sehr merklichen Unterschied zwischen beiden, insofern es sich um die Registrirung und Reproduction der Articulationsbewegungen handelt.

§. 99. Durch den merkwürdigen und in physio-psychologischem Sinne höchst lehrreichen Zustand der sogenannten Aphasie werden einige der oben dargelegten Principien schlagend bewiesen.

Das aphasische Subject ist der Möglichkeit des articulirten Sprechens beraubt, und sehr häufig auch der Fähigkeit, seine Gedanken schriftlich auszudrücken, während es andererseits fortfährt, den Begriff der zu ihm gesprochenen Worte aufzufassen, oder eventuell den Sinn geschriebener Sprache zu begreifen. Ein aphasisches Individuum weiss es genau, und bestätigt dies durch Zeichen, ob ein Ding mit seinem rechten Namen genannt wird oder nicht; aber es kann das betreffende Wort nicht selbst hervorbringen oder dasselbe schreiben, wenn es ihm vorgesagt wird. Bei seinen Bemühungen kommt nur ein automatischer oder Ausrufsausdruck, oder irgend ein unverständliches Geplauder über seine Lippen, andererseits setzt es statt des Schreibens unentwirrbare Kritzeleien auf das Papier.

Dieser Zustand ist gewöhnlich, wenigstens im Beginne, mit einer mehr oder minder hochgradigen rechtsseitigen Hemiplegie verbunden; doch ist die motorische Affection der rechten Seite, besonders des rechten Armes, oft nur ganz leicht und vorübergehend, oder kann selbst ganz fehlen, so dass als einziges Symptom motorischer Paralyse ein paretischer oder Schwächezustand der Gesichtsmuskeln der rechten Seite zurückbleibt. Die Unmöglichkeit zu sprechen ist dabei aber nicht die Folge einer Lähmung der Articulationsmuskeln, denn diese werden ja von dem aphasischen Individuum zum Zwecke des Kauens und Schlingens ganz normal in Thätigkeit versetzt.

Die Ursache dieses Leidens ist, wie Broca gezeigt hat — und seine Beobachtungen wurden seitdem tausendfach bestätigt —, mit einer Erkrankung des hinteren Endes der unteren, linken Stirnwindung verbunden, dort, wo diese an die Sylvische Spalte grenzt und die Reil'sche Insel bedeckt — eine Gehirnregion, welche, wie ich gezeigt habe, mit der Situation der motorischen Articulationscentren beim Affen zusammenfällt. (Siehe 9 u. 10, Fig. 63.)

Man kann es als feststehende Thatsache ansehen, dass in der weitaus überwiegenden Mehrheit der Fälle Läsionen, welche die soeben angedeutete Gegend der Hirnrinde treffen, Aphasie verursachen; das Problem aber, dessen Lösung uns noch zukommt,

ist: zu erklären, weshalb derartige Läsionen Aphasie erzeugen und alle übrigen Fähigkeiten intact lassen. Selbstverständlich ist Verlust der Sprache nicht in allen Fällen mit einer localisirten Gehirnkrankheit der besprochenen Art verbunden, denn Alles, wodurch die Articulationsmuskeln gelähmt werden, muss auch Unfähigkeit zu sprechen nach sich ziehen; dasselbe gilt von jeder Unterbrechung in der Vorstellungs- und Denkhätigkeit, wie beispielsweise durch plötzliche Gemüthserschütterungen. Derartige Zustände können wir aber nicht unter den Begriff der Aphasie im wahren Sinne einreihen; diese stellt eine ganz bestimmte Form von Verlust des Sprechvermögens dar, wobei alle anderen Fähigkeiten, als Wahrnehmungsvermögen, Gemüthserregbarkeit, Denken und Wollen, praktisch unbeeinträchtigt bleiben¹⁾.

Eine der gewöhnlichsten Ursachen der Aphasie ist Erweichung der vorhin genannten Stelle in Folge von plötzlicher Unterbrechung der Circulation durch eine embolische Verstopfung jener Arterien, die den Blutzufluss nach dieser Hirnpartie vermitteln, durch welchen Zufall dann die functionelle Thätigkeit dieses Theiles zeitweilig oder für immer aufgehoben wird.

In Anbetracht der Nähe (Fig. 63) der motorischen Centren für die Hand- und Gesichtsmuskeln, sowie mit Rücksicht auf deren gemeinschaftliche Versorgung durch dieselben arteriellen Gefässe, ist es leicht zu begreifen, wie auch diese Centren in die Störung der Articulationscentren mit einbezogen werden, und warum rechtsseitige Hand- und Gesichtslähmung so häufig zugleich mit der Aphasie auftritt. Auch kann dies als ein neuer Beweis dafür angesehen werden, dass Läsionen der motorischen Rindencentren motorische Paralysen der entgegengesetzten Seite zur Folge haben.

Dass die Articulationsmuskeln selbst bei einseitiger Läsion der Articulationscentren verschont bleiben, erklärt sich aus dem bilateralen Einflusse des Centrum jeder Seite, wie derselbe experimentell nachgewiesen wurde.

Der Verlust der Sprache in Folge von Zerstörung der Articulationscentren ist nach den hier dargelegten Principien nicht schwieriger zu erklären, als der Verlust des Sehvermögens und der

¹⁾ Die neueste und ausführlichste Darlegung der Aphasie finden wir in dem äusserst werthvollen Werke von Kussmaul: Die Störungen der Sprache (Ziemssen's Handbuch).

Gesichtsvorstellungen in Folge von Zerstörung der *Gyri angulares*. Die scheinbare Schwierigkeit liegt nur in der Erklärung der Sprachlosigkeit ohne motorische Paralyse bei einseitiger Läsion der Articulationscentren in der linken Hemisphäre.

Diese Schwierigkeit ist aber nach jenen Grundsätzen zu beheben, welche in Beziehung auf die motorischen Erwerbungen überhaupt dargelegt wurden. Da die rechte Körperhälfte an willkürlichen Muskelactionen besonders betheiligt ist, so werden auch hauptsächlich die motorischen Centren der linken Hemisphäre geübt, und also gerade diese Centren sind ganz speciell die organische Grundlage motorischer Fertigkeiten. Wie schon von verschiedenen Seiten geschlossen wurde, überwiegen die linken Articulationscentren weitaus über die rechtsseitigen, insoweit es sich um den Anstoss zu motorischen Articulationsacten handelt. Die erstgenannten Centren bilden deshalb auch vorzugsweise die organische Grundlage des Gedächtnisses für die Articulationen und deren Reproducirung in der Vorstellung. Die Zerstörung der linken Articulationscentren schaltet das motorische Glied aus jener Kette aus, welche sich durch lange Uebung zwischen den Hör- und Sehcentren einerseits und den Centren der Gedankenbildung im Allgemeinen hergestellt hat.

Unmittelbare Lautwahrnehmungen oder reproducirte Klangvorstellungen können nun nicht mehr die entsprechenden Articulationen activ oder in der Vorstellung erregen; das Individuum ist sprachlos, da eben der motorische Theil der sensori-motorischen Kette — nämlich die Lautarticulation — gebrochen ist. Auch der Anblick von geschriebenen Zeichen reproducirt die gleichwerthige articulatorische Thätigkeit in keinerlei Weise mehr. Das Individuum ist sprachlos, ebenfalls weil der motorische Theil der sensori-motorischen Verbindung: die Gesichtsarticulation, zerstört ist.

Reproducirte Gesichts-, Gehörs-, Gefühls-, Geschmacks- und Geruchsvorstellungen bringen die symbolischen Articulationen nicht zur Ausführung, daher kann das Individuum seine Gedanken nicht durch die Sprache wiedergeben, und in dem Grade, wie die Sprache oder das innere Sprechen bei der Bildung complicirterer Gedankenreihen nothwendig ist, in demselben Maasse ist auch das Denken erschwert. Uebrigens kann wohl der Gedanke auch ohne Sprache weitergeführt werden, aber es ist nur ein Gedanke im Einzelnen, und so schwerfällig und begrenzt, wie es mathematische Berech-

nungen ohne algebraische Symbole wären. Wie Bain beobachtet hat, geschieht das Denken grösstentheils durch inneres Sprechen, d. h. durch die Reproduction der articulatorischen Processe, welche die Ideen symbolisch ausdrücken, in der Vorstellung. Das zeigt sich durch die unwissentlich ausgeführten Lippen- und Zungenbewegungen, welche alle Menschen mehr oder weniger an sich bemerken lassen, ja manche sogar so auffallend, dass dieser unbewusste Process sich bis zum Wispeln steigert. So pflegte auch die blinde Taubstumme Laura Bridgman, deren Sprache in symbolischen Fingerbewegungen bestand, während des Denkens oder Träumens unbewusst dieselben Bewegungen auszuführen, welche sie bei dem wirklichen Gebrauche ihrer Fingersprache zu machen gewohnt war.

Und genau so, wie sich mit den Vorstellungen deren symbolische Darstellung in Articulation oder Handbewegung leicht combinirt, so erweckt auch umgekehrt die wirkliche oder vorgestellte Wiederholung der articulatorischen oder Handbewegungen durch Association leicht alle anderen Glieder der Kette, seien es nun einfach Gesichts-, Gehörs-, Geschmacks- oder Geruchsbilder, oder aber deren Combinationen. Die Wichtigkeit dieses Zusammengehens der Articulationscentren und der Vorstellungscentren im Allgemeinen wird noch deutlicher dargelegt werden, wenn von der willkürlichen Reproduction der Vorstellungen und der Controle über die Gedankenbildung die Rede sein wird (§. 103).

§. 100. Wir haben gesehen, dass ein aphasisches Individuum, dessen Sprachcentren zerstört sind — so wollen wir, Kürze halber, die motorischen Articulationscentren der linken Hemisphäre nennen —, doch noch die Fähigkeit besitzt, den Sinn der von ihm vernommenen Worte zu verstehen. In dieser Beziehung unterscheidet es sich nicht von einem normalen Individuum, und es wäre auch kein Grund vorhanden, warum dies so sein sollte. Da seine Seh-, Hör- etc. Centren intact sind, so ist es ebenso wie früher fähig, Gesichts-, Gehörs- etc. Vorstellungen aufzunehmen. Der Unterschied liegt nur darin, dass in dem Aphasischen das gesprochene Wort, ungeachtet es die Vorstellung oder den Begriff des Gegenstandes erweckt, doch nicht die Lautvorstellung und die Wortbildung anregen kann, da eben die betreffenden Centren

für die Wortvorstellung und Wortbildung zerstört sind. Das Verständniss für den Sinn eines gesprochenen Wortes erklärt sich daraus, dass bei dem Processe der Spracherlernung eine directe Association zwischen gewissen Lauten und gewissen Sinnesbildern zu Stande gekommen ist, und zwar gleichzeitig mit, oder vielleicht selbst vor der Bildung einer zusammenhängenden Association zwischen diesen Lauten und gewissen Articulationsbewegungen. Der Zusammenhang und die Association zwischen Laut und Begriff bleibt bei der Aphasie unberührt; unterbrochen ist nur der Zusammenhang zwischen Laut und Articulation, und zwar durch den Ausfall des motorischen Factors aus der gesammten organischen Kette.

Die Association zwischen Schriftzeichen und den damit bezeichneten Dingen bildet sich erst secundär aus, später als die Associationen zwischen Lauten und den betreffenden Dingen, und später als jene zwischen Lauten und Articulationen — denn die Sprache geht der Kunst des Schreibens jedenfalls voraus. Im Anfange, wenn ein Individuum lesen lernt, werden Schriftzeichen in Articulationen und reproducirte Laute umgesetzt, ehe sie noch die damit bezeichneten Dinge zur Vorstellung bringen. Diese Umsetzung geschieht im Anfange bei Allen und dauert scheinbar bei jenen Personen an, welche an das Lesen nicht sehr gewöhnt sind, denn letztere verstehen das Gelesene nur dann, wenn sie immerwährend in mehr oder minder unterdrückter Weise articuliren. Gerade wie Personen, welche eine fremde Sprache lernen, zuerst die Worte in ihre Muttersprache übersetzen müssen, ehe sie zum Verständnisse des Sinnes kommen, aber nach einiger Uebung und bei mehr Vertrautheit dahin gelangen, die neuen Worte direct mit den zugehörigen Begriffen zu verbinden mit Umgehung der Muttersprache, ja wie sie zuletzt geradezu in der neuen Sprache denken lernen, so ist es auch möglich, dass sich bei langer Uebung im Lesen eine directe Association zwischen den Schriftzeichen und den Begriffen, welche sie bezeichnen, herausbildet, ohne das Mittelglied der Articulation. Es kann also auch ein Mensch, dessen Sprachcentrum desorganisirt ist, doch noch im Stande sein, Geschriebenes zu verstehen. Ein Individuum aber, bei welchem die directe Association zwischen Schriftzeichen und Begriff sich noch nicht hergestellt hat und das deshalb noch gezwungen ist, mit Hülfe der Articulation zu übersetzen, wird nach Zerstörung des Sprach-

centrum Geschriebenes nicht mehr verstehen; dabei kann es aber doch den Sinn gesprochener Worte noch auffassen.

Beim Schreibenlernen muss eine neue Association der bereits gebildeten Association zwischen Lauten und Articulationen hinzugefügt werden. Dieser neue Zusammenhang muss sich herstellen zwischen Lauten und gewissen durch das Auge geleiteten Handbewegungen; die Schriftzüge bilden gleichsam das Aequivalent gewisser Articulationsacte. Anfänglich geht diese Association zwischen Lauten, oder zwischen Lauten und Begriffen einerseits und den Handbewegungen andererseits durch das Mittelglied der Articulationscentren von Statten — denn die Laute oder Vorstellungen werden dabei zuerst wirklich oder im Geiste vermittelt Articulationen reproducirt, ehe deren Gleichwerthigkeit mit gewissen Schriftzeichen sich festgestellt hat und als solche erkannt wird.

Durch die fortwährende Uebung, seine Gedanken mittelst Schriftzeichen auszudrücken, stellt sich eine directe Association zwischen Lauten und Vorstellungen einerseits und symbolischen Handbewegungen andererseits her, ohne Vermittelung der Articulation; und in demselben Maasse, als die Mitbetheiligung der Articulation überflüssig geworden ist, wird auch ein Individuum, welches durch Erkrankung des Sprachcentrum aphasisch geworden ist, fähig bleiben zu schreiben.

In der Mehrzahl der in Spitälern beobachteten Fälle von Aphasie war die unmittelbare Association zwischen Lauten, Vorstellungen und entsprechenden Schreibebewegungen der Hand nicht hergestellt, ausser allenfalls für höchst einfache und beständig wiederholte Schreibacte, wie z. B. die Namensunterfertigung; und deshalb geschieht es, dass die Zerstörung des Sprachcentrum bei diesen Personen nicht allein Aphasie, sondern auch Agraphie zur Folge hat, da ja die Vermittelung der Articulation noch immer nothwendig ist, ehe die Vorstellungen schriftlich ausgedrückt werden können.

Beispiele aller dieser verschiedenen Verhältnisse kann man unter den Aphasischen treffen. Einer kann weder sprechen noch schreiben; ein anderer kann schreiben, aber nicht sprechen; ein dritter kann seinen Namen schreiben, aber sonst nichts; alle können das Gesprochene verstehen; viele können Geschriebenes auffassen, andere wieder gar nicht oder doch nur sehr unvollkommen. Zwischen dem normalen Verhalten der Sprachcentren

und deren gänzlichem Ausserkrafttreten gibt es eben eine Menge von abnormen Zwischenzuständen, welche sich als theilweise Aphasie und theilweise Sprachstörungen erweisen. In einigen Fällen scheint eine solche Störung in den Centren eingetreten zu sein, dass zwar das Individuum nicht aphasisch im Sinne vollständiger Sprachlosigkeit ist, die Associationen zwischen gewissen Articulationen und Vorstellungen aber doch derart unterbrochen sind, dass bei Sprechversuchen nur ein unzusammenhängender Wortschwall zum Ausdrucke kommt. Dies ist allerdings mehr ein Zustand von Ataxie, als von Aphasie im eigentlichen Sinne.

Wie gesagt, ist das Sprachcentrum in der weitaus grössten Mehrzahl der Fälle in der linken Hemisphäre gelegen. Aber es ist kein Grund vorhanden, warum dies — wenn wir absehen von dem Einflusse der Uebung und der Heredität — unbedingt so sein sollte. Man kann leicht begreifen, dass die Articulationscentren der rechten Hemisphäre in derselben Weise ausgebildet werden könnten. Eine Person, welche den Gebrauch der rechten Hand verloren hat, kann durch Uebung mit der linken Hand die volle Fertigkeit der rechten erlangen. In einem solchen Falle werden die motorischen Centren der Hand in der rechten Hemisphäre nun die Centren der motorischen Fähigkeiten, wie sonst die der linken. Was die Articulationscentren anbelangt, so scheint es fast Regel, dass sie an derselben Seite ausgebildet und zum organischen Sitze der Willensimpulse werden, wie die Handcentren. Deshalb also, da die meisten Menschen rechtshändig sind, findet die Ausbildung der Centren für die willkürlichen Bewegungen überhaupt vorzüglich in der linken Hemisphäre statt. Dies zeigt sich in schlagender Weise in jenen Fällen von Aphasie, welche mit linksseitiger Lähmung bei linkshändigen Personen vorkommen. Es wurden bereits einige solcher Fälle veröffentlicht, und zwar von Mongié¹⁾, Russell²⁾, W. Ogle³⁾ u. A. Ein weiterer Fall (noch nicht veröffentlicht) wurde mir mitgetheilt von meinem Freunde Dr. Lauder Brunton aus dem St. Bartholomew's Hospitale.

Diese Fälle sind ein mehr als hinreichendes Gegengewicht

¹⁾ Mongié, De l'aphasie. Thèse de Paris, 1866.

²⁾ Russell, Med. Times and Gazette, 11. Juli u. 24. Oct. 1874.

³⁾ Ogle, Dextral preeminence. (Philos. Transact. XLV. Bd.)

gegen irgend eine Ausnahme von der Regel, dass die Articulationscentren in Folge der Willensthätigkeit an derselben Seite ausgebildet werden, wie die motorischen Centren der Hand. Man braucht gar nicht die Regel als eine absolute zu betrachten, und kann immerhin Ausnahmen zugeben, ohne eine einzige jener Folgerungen zu entkräften, welche wir in Betreff der Pathologie der Aphasie oben dargelegt haben.

Ungeachtet das linke Articulationscentrum jenes ist, welches gewöhnlich speciell zur Sprache ausgebildet wird, so ist es doch leicht begreiflich, dass ein Mensch, welcher durch totale und bleibende Zerstörung des linken Sprachcentrum sprachlos geworden ist, diese Fähigkeit vermöge der rechtsseitigen Articulationscentren wieder erlangen kann. Bis zu einem bestimmten Grade haben diese ja eine gewisse Ausbildung zugleich mit den linksseitigen erlangt, und zwar durch associirte Thätigkeit, indem sie automatisch, wie Hughlings-Jackson meint, die willkürlichen Acte der linken registriren. Diese automatische Fähigkeit kann nun durch Uebung in eine willkürliche umgestaltet werden, obwohl in jenem Alter, in welchem die Aphasie gewöhnlich auftritt, nur noch eine geringe Plasticität und Geneigtheit der Nervencentren für die Bildung neuer Verbindungen und Associationen vorhanden ist. Die rasche Wiederherstellung, welche so häufig in Fällen von Aphasie eintritt, besonders dann, wenn sie auf embolische Verschlussung der ernährenden Gefässe der linken Centren zurückzuführen sind, ist nicht so sehr als ein Beweis von rascher Einübung der rechten Centren anzusehen, als vielmehr als ein Zeichen, dass die Circulation und Nutrition in jenen Theilen wieder hergestellt ist, welche nur zeitweise durch die Erkrankung ausser Function gesetzt worden waren. Aber es gibt andere Fälle, welche zu beweisen scheinen, dass die Wiederherstellung der Sprachfähigkeit auch nach einer solchen Läsion wieder eintreten kann, die eine vollständige und bleibende Zerstörung des linken Sprachcentrum verursacht hatte. Ein derartiger Fall ist von Batty Tuke und Fraser¹⁾ angeführt worden. Diese haben ihn als einen Beweis gegen die Localisation des Sprachcentrum betrachtet, was er auch in einem Sinne — nämlich gegen die absolute einseitige Localisation — gewiss ist. Dieser Fall ist

¹⁾ Journal of Mental Science 1872.

kurz der einer Patientin, welche durch cerebrale Hämorrhagie bewusstlos wurde. Nach ihrer Wiederherstellung zeigte es sich, dass sie ganz sprachlos war; sie blieb es auch für längere Zeit. Im Verlaufe der Zeit aber wurde ihre Sprachfähigkeit grösstentheils, wenn auch nie ganz vollkommen, wieder hergestellt. „Während der ganzen Periode ihrer Beobachtung konnte man zwei Eigenthümlichkeiten an ihrer Sprache bemerken: eine Schwere der Articulation, wie bei allgemeiner Paralyse, und ein Zögern, wenn sie etwas nennen sollte. Die letztere Eigenthümlichkeit nahm mehrere Monate vor ihrem Tode sehr auffallend zu.“

„Die Schwere der Articulation war anscheinend die Folge einer leichten Unbeweglichkeit der Oberlippe beim Sprechen, aber es war keine Lähmung zu bemerken, wenn die Oberlippe freiwillig gegen die Unterlippe gepresst wurde. Die Unthätigkeit der Oberlippe wurde von Allen beobachtet.“

„Das Hesitiren war am auffallendsten, wenn sie zu einem Hauptworte kam, und die Pause war von verschiedener Dauer, je nach der Ungewöhnlichkeit des Wortes. Zuletzt konnte sie sich selbst der gewöhnlichsten Ausdrücke nicht mehr entsinnen, und gebrauchte Umschreibungen oder Zeichen, um ihre Meinung auszudrücken. Sie war immer erleichtert und erfreut, wenn man ihr das Wort sagte, und wiederholte es dann beständig. Sie wollte z. B. sagen: „Geben Sie mir ein Glas —.“ Auf die Frage: „Wasser?“ sagte sie: „Nein.“ „Wein?“ „Nein.“ „Branntwein?“ „Ja, Branntwein.“ Sie zögerte nie, wenn sie das richtige Wort hörte, es zu wiederholen.“

Sie starb 15 Jahre nach dem Anfalle, und man fand bei der Section, dass die Gehirnsubstanz in jener Rindenregion der linken Hemisphäre, welche den Articulationscentren entspricht, total zerstört und verloren gegangen war (9, 10, Fig. 63). Dies scheint mir einer der deutlichsten Fälle von Wiederherstellung der Sprachfähigkeit durch Einübung der Articulationscentren der rechten Seite zu sein. Dass die Sprache zunächst verloren ging, steht in voller Uebereinstimmung mit den gewöhnlichen Folgen einer Zerstörung des linken Sprachcentrum. Die Einübung der rechten Seite war eben selbst nach 15 Jahren noch nicht vollkommen zu Stande gekommen, und das eigenthümliche Zögern, sowie die von den Autoren selbst hervorgehobene Thatsache, dass das Sprechen sehr oft der Hülfe des Vorsagens bedurfte, stimmt völlig mit den

weniger willkürlichen und mehr automatischen Fähigkeiten der rechten Hemisphäre überein. Dass die Aphasie im Wesentlichen nur die Folge einer zeitweiligen oder dauernden Zerstörung der Centren der Erregung und organischen Registrirung von Articulationsvorgängen darstellt, ist allein schon ein sehr deutlicher Beweis für die Thatsache, dass zwischen den physiologischen und psychologischen Gehirnfunktionen keine Lücke besteht und dass das Objective und das Subjective nicht durch eine unüberbrückbare Kluft getrennt sind.

§. 101. Wir haben nun die Entwicklung der Willensherrschaft über die Bewegungen besprochen, sowie die Art und Weise, in welcher das Gedächtniss für die Willensacte sich in den motorischen Centren organisirt. Wir sind zu dem Schlusse gelangt, dass die Willensherrschaft über die Bewegungen sich dann einstellt, wenn sich ein organischer Zusammenhang zwischen einer bestimmten, bewussten Empfindung und einem bestimmten, differenzirten motorischen Acte ausgebildet hat. Wenn einmal die Willensherrschaft über die individuellen Bewegungen gehörig entwickelt ist, dann schreitet das Werk der Einübung immer weiter vorwärts und das Gebiet des Willens breitet sich mehr und mehr aus. Das Wollen des ungeleiteten und unerfahrenen Kindes hat vorherrschend einen impulsiven Charakter, da seine Thätigkeit hauptsächlich durch Eindrücke oder Vorstellungen des Momentes bestimmt wird. Es haben sich noch keine Associationen zwischen den entfernten, angenehmen oder unangenehmen Folgen der Handlungen gebildet. *Experientia docet*. Ein Kind, welches bereits eine bestimmte Herrschaft über seine Hände erlangt hat, wird dadurch veranlasst, Alles zu berühren und in die Hand zu nehmen, was seinen Gesichtssinn kräftig afficirt. Auch der Anblick einer grossen Flamme erweckt das Verlangen, sie zu ergreifen. Dies hat nun einen körperlichen Schmerz zur Folge, und so bildet sich eine Association zwischen dem Berühren eines glänzenden Gegenstandes und dem empfundenen Schmerze. Die lebhafte Erinnerung an den bei früherer Gelegenheit erfahrenen Schmerz ist genügend, dem Impulse zum Berühren entgegenzuwirken, wenn das Kind wieder in ähnliche Verhältnisse gebracht wird. Wir haben hier den einfachen Fall eines Conflictes der Motive, oder die Hemmung, Neutralisation eines Motives durch ein anderes, stärkeres. Die That, wenn sie erfolgt, ist immer durch das stärkere

Motiv bedingt. So wird auch der hungrige Hund durch den Anblick von Futter angetrieben, dasselbe zu nehmen und zu fressen. Sollte es aber den heftigen Schmerz des Peitschens nach sich ziehen, wenn er, geleitet von diesem Triebe, eine gewisse Gattung des Futters ergriffen hatte, dann bildet sich eine Association zwischen dem Fressen dieses bestimmten Gegenstandes und dem heftigen Schmerze aus, so dass bei fernerer Gelegenheit zugleich mit dem Verlangen, den Hunger zu befriedigen, die Erinnerung an den Schmerz erwacht, und im Verhältniss zur Lebhaftigkeit der Erinnerung an den Schmerz, der Impuls des Hungers neutralisirt und unterdrückt wird. Dann sagt man, der Hund hat gelernt, seinen Hunger zu bändigen.

Mit der zunehmenden Erfahrung werden auch die Associationen zwischen den Handlungen und ihren Folgen complicirter und mannigfaltiger. Sowohl durch persönliche Erfahrung, als auch durch die Erfahrung und das Zeugniß Anderer, werden Associationen zwischen Handlungen und deren weiteren Consequenzen von Lust- oder Schmerzgefühlen hergestellt, und man lernt einsehen, dass momentane Befriedigung einen grösseren Schmerz in der Zukunft — andererseits wieder Handlungen, die mit momentanem Schmerze verbunden sind, späterhin ein grösseres Vergnügen bringen können. Da das Fundamentalgesetz des Lebens heisst: *Vivere convenienter naturae* — die freudige Stimmung bewahren und den Schmerz vermeiden im höchsten und allgemeinsten Sinne des Wortes, und nicht bloss für den unmittelbaren Augenblick (ein Gesetz, welches nie ungestraft überschritten werden darf) — so werden auch die Handlungen nur beim Kinde oder bei dem ungehüteten Thiere durch die momentanen Verlangen und Gefühle allein bestimmt, sonst aber vielmehr durch ein unmittelbares Verlangen geleitet, das durch die Vorstellung der Gefühle von Lust oder Unlust, welche die Erfahrung als naheliegend oder entfernter mit bestimmten Handlungen associirt hat, modificirt wird. Das Motiv der Handlung ist daher die Resultirende eines complicirten Systemes mannigfaltiger Kräfte, um so complicirter, je grösser die Erfahrung und je bedeutender die Zahl der Associationen ist, welche sich zwischen den Handlungen und deren näheren und weiteren Folgen gebildet haben. Derartige Handlungen nennt man reiflich überlegte, im Gegensatze zu impulsiven Willensacten; aber die Verschiedenheit

liegt nicht in der Art, sondern nur im Grade der Complicirtheit; denn schliesslich sind die Handlungen, welche als die Resultirenden aus einem solchen complicirten Associationssysteme hervorgehen, doch wesentlich von derselben Art, wie jene, welche lediglich durch den Reiz eines unmittelbaren Gefühles oder Verlangens bedingt sind, wenn noch keine anderen Associationen sich bilden konnten, welche diese Actionen zu modificiren im Stande gewesen wären.

Was aber bei dem Kinde oder dem unabgerichteten Thiere normal ist, kann bei einem gebildeten Erwachsenen als entschiedene Geisteskrankheit erscheinen. Wenn sich bei dem letzteren die Handlungen nur nach den momentanen Gefühlen und Verlangen richten, unbekümmert oder in gerader Missachtung der Associationen, welche sich durch die Erfahrung zwischen solchen Handlungen und ihren schmerzhaften Folgen bilden, so muss man hierin eine Rückkehr zu der kindlichen Weise des Wollens erblicken; der einzige Unterschied liegt darin, dass in dem einen Falle sich noch keine abtrathenden Associationen gebildet haben, während sie in dem anderen, ungeachtet ihres Vorhandenseins, keinen Nutzen bieten. Ein Individuum, das so handelt, handelt unvernünftig; und wenn bei Jemandem, trotz des gegentheiligen Einflusses der gebildeten Associationen, ein momentanes Gefühl oder ein Trieb einen solchen Grad der Stärke erlangt, dass dadurch diese Associationen überwogen werden, so sagt man von diesem Menschen, er handle gegen sich selbst, oder metaphorisch, gegen seinen eigenen Willen. Derartige Neigungen mögen mehr oder weniger wohl bei Allen vorkommen, aber ganz besonders bei gewissen Irrsinnsformen, in welchen das Individuum das Opfer eines krankhaften Triebes ist und nun unwiderstehlich angetrieben wird, zu seinem eigenen Entsetzen eine Handlung zu begehen, deren Folgen vielleicht schrecklich sind.

§. 102. Die Neigung der Gefühle und Triebe, sich in Handlungen Luft zu machen, führt zur Betrachtung einer anderen Fähigkeit, welche eine grosse Rolle bei der Regulirung und Beherrschung der Vorstellungen und Handlungen spielt.

Die Urelemente der Willensacte des Kindes und auch des Erwachsenen können in letzter physiologischer Instanz auf eine Reaction zwischen den motorischen und den sensorischen Centren zurückgeführt werden.

Aber ausser dem Vermögen, in Gemässheit der Gefühle und Triebe zu handeln, ist auch die Fähigkeit vorhanden, die Handlung zu hemmen oder zu beschränken, trotz der vorherrschenden Neigung der Gefühle und Triebe, sich in activ motorischen Auslassungen zu bethätigen.

Diese Hemmung einer Handlung ist entweder eine directe oder eine indirecte. Ein Beispiel indirecter Hemmung ist die Unterdrückung einer Reflexaction, welche durch einen gleichzeitigen, stärkeren sensorischen Reiz angeregt wird. Die Parallele hierzu findet sich beim Willensacte in der Hinderung oder Neutralisation eines Motives durch ein anderes, kräftigeres. Als ein Beispiel directer Hinderung können wir die Hemmungswirkung des *Nervus vagus* auf das Herz betrachten. Diese beruht in dem Einflusse des Vagus auf die motorischen Ganglien des Herzens, wodurch deren Thätigkeit gehemmt wird. „Das Herz enthält in seiner Substanz zahlreiche Ganglien, welche die rhythmischen Herzcontractionen selbst dann noch eine Weile aufrecht erhalten, wenn das Herz aus dem Körper herausgenommen ist. Die Endfasern des Vagus sind mit diesen Ganglien verknüpft, und wenn jener Nerv irgendwie gereizt wird, so hören die Ganglien auf, die Muskelsubstanz des Herzens anzuregen, und das Herz steht in relaxirtem Zustande vollkommen still. Die Vaguszweige, welchen diese Thätigkeit zukommt, gleichen motorischen Nerven einerseits schon dadurch, dass dieselben einen sie treffenden Reiz gegen die Peripherie und nicht gegen das Centrum hin fortleiten, andererseits aber auch durch ihren Ursprung; denn ungeachtet sie im Vagus verlaufen, stammen sie doch zuletzt von dem *Nervus accessorius* und erreichen den Vagus nur nahe bei seinem Ursprunge. Während aber die anderen Fasern des *Nervus accessorius* zu Muskeln gelangen, und, wenn sie gereizt werden, die betreffenden Muskeln in Action versetzen, so enden jene Fasern, welche zum Herzen gehen, nicht in Muskelfasern, sondern in den Ganglien des Herzens, und bewirken Ruhe statt Bewegung, Erschlaffung statt Spannung¹⁾.“ Die Centren der directen Hemmung sind solchergestalt wirklich motorischer Natur, aber ihre Kraft wird schon in den motorischen Centren selbst verbraucht.

¹⁾ Lauder-Brunton, On Inhibition, peripheral and central. (West Riding Lunatic Asylum Report, vol. IV, pag. 181.)

Als ein Beispiel willkürlicher Hemmung können wir jenes mit einem Gefühle der Anstrengung verbundene Vermögen betrachten, welches sich in der Zügelung und Hemmung der Neigung zeigt, mächtige Gefühle zum Ausdrucke kommen zu lassen. Der Kampf zwischen der Hemmung und der Neigung zu motorischen Ausbrüchen zeigt sich in der Spannung der Muskeln, welche doch in Zügel gehalten werden, so dass unter einer verhältnissmässig ruhigen Aussenseite ein loderndes Feuer verborgen sein kann, welches alle Banden zu sprengen droht.

Diese Hemmungscentren sind nicht bei Allen gleichmässig entwickelt und geübt, und auch bei demselben Individuum in Betreff verschiedener Neigungen nicht gleichmässig ausgebildet. Aber diese Fähigkeit der Hemmung scheint mir ein fundamentales Element in der Concentration der Aufmerksamkeit und in der Beherrschung des Ablaufes unserer Vorstellungen auszumachen.

Man hat allerdings gesagt, dass wir keine directe willkürliche Herrschaft über die Vorstellungscentren besitzen. Wie Laycock und Carpenter sich ausgesprochen haben, so suchen die Vorstellungen, sei es dass sie central oder durch periphere Eindrücke erregt wurden, sich gegenseitig auf rein reflectorischem Wege hervorzurufen. Sich selbst überlassen, erregen die Vorstellungen neue Vorstellungen auf dem Wege der Associationsbahnen, entsprechend ihrer Zusammengehörigkeit und Aehnlichkeit, und zwar geordnet im wachen Zustande, wenn alle Centren und Sinne functionell activ sind — ungeordnet im Traume und Delirium, wo die verschiedenen Centren unregelmässig functioniren.

Aber wir haben auch das Vermögen, unsere Aufmerksamkeit auf eine Vorstellung zu concentriren, oder auf eine Reihe von Vorstellungen und ihre unmittelbaren Associationen, mit Ausschluss aller anderen: ein Vermögen, welches freilich bei verschiedenen Individuen verschieden entwickelt ist. Wir können auf diese Art den Ablauf der Vorstellungsreihen ändern und beherrschen, sowie bis zu einem gewissen Grade willkürlich gewisse Vorstellungen und Associationen hervorrufen und im Bewusstsein zurückhalten.

Auf welcher physiologischen Basis diese psychologische Fähigkeit beruht, ist eine ausserordentlich schwierige Frage und kaum der experimentellen Behandlung zugänglich. Die folgenden Be-

trachtungen sind deshalb mehr Ansichten als Schlüsse aus experimentellen Ergebnissen.

§. 103. Sowohl die willkürliche Erregung von Vorstellungen als auch jene Concentration des Bewusstseins, durch welche die Kette der Vorstellungen geregelt wird, scheint hauptsächlich von motorischen Centren abzuhängen. Die Thatsache, dass die Aufmerksamkeit die Thätigkeit der motorischen Centren involvirt, ist deutlich von Bain und Wundt¹⁾ ausgesprochen.

Bain²⁾ sagt Folgendes: „Es ist nicht sogleich einleuchtend, dass dies Festhalten einer Vorstellung im Geiste durch willkürliche Muskeln zu Stande kommt. Welche Bewegungen kommen ins Spiel, wenn ich mir einen Kreis vorstelle, oder die Paulskirche? Hierauf gibt es keine Antwort, als die Annahme, dass das geistige oder reproducirte Bild im Gehirne oder im Centralnervensysteme überhaupt dieselbe Stelle einnimmt, wie die ursprüngliche Wahrnehmung — ein Satz, welcher durch eine Menge Gründe in meinem früheren Werke unterstützt wird (Contiguity, §. 10). Da aber ein motorischer Factor bei unseren Wahrnehmungen, besonders bei den höheren: denen des Gefühles, Gehöres, Gesichtes, mit in Betracht kommt, so muss dieser Factor auf irgend eine Weise auch in der nachträglichen Reproduction der Vorstellung vertreten sein.

Das Vorstellen eines Kreises besteht in dem Wiederherstellen jener Erregungen, welche das Auge um einen ideellen Kreis herum-

¹⁾ „Irgend eine vorhandene centrale Sinnesreizung ruft andere hervor, die ihr verwandt sind, oder mit denen sie oft verbunden gewesen ist. Aber die Vorstellungen, die so in das allgemeine Blickfeld des Bewusstseins treten, sind zunächst ausserordentlich schwach, bis die Spannung der Aufmerksamkeit hinzukommt, die auf eine oder einige wenige sich concentrirt und dieselben in den Blickpunkt hebt. Diese Wirkung müssen wir uns ganz ebenso wie bei der Apperception der äusseren Sinneseindrücke denken. Sie besteht in einer willkürlichen Innervation, welche in ihren stärkeren Graden auch hier deutlich als Spannungsgefühl sich verrieth. Sie wirkt zurück auf die Sinnescentren und verstärkt so unter allen den leise anklingenden Erregungen eine bestimmte, die sich nun als deutliches Erinnerungsbild in den Mittelpunkt des Bewusstseins stellt. Wir empfinden diese Spannung der Aufmerksamkeit immer dann als eine willkürliche Thätigkeit, wenn dieselbe zu bedeutenderer Stärke anwachsen muss, um eine bestimmte Vorstellung in den Vordergrund zu ziehen.“ (Physiologische Psychologie, S. 793.)

²⁾ Bain, *The Emotions and the Will*. Third edition, 1875, p. 378.

bewegen würden; der Unterschied liegt in der letzten Station, d. h. in der Unterdrückung jener wirklichen Bewegung, welche das Organ ursprünglich ausgeführt hat.“

In diesen Sätzen, und besonders im letzten, scheint mir Bain die Elemente der Aufmerksamkeit klar angedeutet zu haben, welche, wie ich mir vorstelle, eine combinirte Thätigkeit der motorischen Centren und der motorischen Hemmungscentren darstellt.

Wenn wir eine Vorstellung hervorrufen, oder mit einer oder mehreren Vorstellungen aufmerksam beschäftigt sind, so trachten wir in der That — aber allerdings nur in gehemmter, unterdrückter Weise — jene Bewegungen zu verwirklichen, mit welchen die sensorischen Factoren dieser Vorstellungskette in organischem Zusammenhange verbunden sind.

Wir erinnern uns an eine Form, indem wir jene Bewegungen der Augen und Hände beginnen, zugleich aber auch hemmen, durch welche wir den Begriff dieser Form gewonnen und behalten haben. Und gerade wie Sinneseindrücke und Sinnesvorstellungen durch Association Bewegungsvorstellungen oder wirkliche Bewegungen hervorzurufen streben, so trachtet im Gegensatze die Erregung von Bewegungen durch Association die verschiedenen sensorischen Factoren wachzurufen, welche sich mit diesen speciellen Bewegungen verbinden, um complicirte Vorstellungen zu bewirken. Bei Vorstellungen, deren motorisches Element nicht klar zu Tage liegt, kann diese Erregungstheorie auf jene articulatorischen Bewegungen bezogen werden, mit welchen als Symbolen die Vorstellungen associirt sind. Dies ist auch in der That die gewöhnlichste Art der Reproduction von Vorstellungen im Allgemeinen. Wir rufen uns einen Gegenstand dadurch in der Vorstellung wach, dass wir in unterdrückter Weise seinen Namen aussprechen. Wir denken also und leiten den Vorstellungslauf grösstentheils durch inneres Sprechen.

Dies ist besonders der Fall bei der Reproduction abstracter Ideen im Gegensatze zu concreten.

Die abstracten Eigenschaften und Beziehungen der Objecte bestehen allein durch Worte; wir bedenken dabei jene concreten und speciellen Einzelheiten, aus welchen die allgemeinen oder abstrahirten Begriffe gebildet wurden, und erregen jene symbolischen Articulationsbewegungen, mit welchen diese Vorstellungen zusammenhängen.

Ein aphasisches Individuum ist unfähig des abstracten Denkens oder eines derartigen Gedankenganges. Es denkt nur in Einzelheiten, und seine Gedanken werden vornehmlich durch die momentanen Sinneseindrücke bedingt, welche nach den gewöhnlichen Gesetzen der Association die betreffenden Vorstellungen erregen.

Da auf diese Weise die Reproduction einer Vorstellung augenscheinlich von einer Erregung der in ihre Zusammensetzung eintretenden motorischen Elemente abhängt, so ist ferner auch die Fähigkeit der Aufmerksamkeit und der concentrirten Bewusstseinsthätigkeit von der Hemmung der Bewegung abhängig.

Während wir aufmerksam mit einem Ideengange beschäftigt sind, unterdrücken wir wirkliche Bewegungen, allein wir erhalten dabei in jenen motorischen Centren, mit welchen die verschiedenen sensorischen Factoren der Vorstellungskette zusammenhängen, einen geringeren oder höheren Grad der Spannung aufrecht.

Indem wir die Tendenz zu äusserlicher Entfaltung in wirkliche Bewegung unterdrücken, vermehren wir dadurch die Entfaltung nach innen und concentriren unsere Bewusstseinsthätigkeit; denn die Intensität der geistigen Leistung steht in umgekehrtem Verhältnisse zu dem Grade der Thätigkeitsentfaltung nach aussen. Bei der concentrirtesten Aufmerksamkeit wird jede Bewegung, welche die innere Leistung verringern würde, gehemmt. Deshalb werden auch beim angestrengten Denken selbst automatische Bewegungen unterdrückt, und ein Mensch, welcher während des Gehens in tiefes Denken verfällt, bleibt bekanntlich häufig stehen.

Die Erregung der motorischen Centren, bei welcher die Weiterleitung nach aussen hin gehemmt ist, hat nun eine Ausbreitung der Kraft nach innen, längs der Linien organischen Zusammenhangs zur Folge, und die verschiedenen Factoren, welche organisch mit irgend einer besonderen Bewegung zusammenhängen, treten dann vor das Bewusstsein. Diese gehemmte Erregung eines motorischen Centrum könnte man mit dem Ziehen an einer Pflanze mit ausgebreiteten Wurzeln vergleichen. Das Ziehen verursacht ein vibrirendes Erzittern bis zu den entferntesten Würzelchen. So erhält auch die Spannung des motorischen Centrum die mit demselben zusammenhängenden Vorstellungscentren in einem Zustande bewussten Vibrirens. Es werden auf diese Art die Hemmungscentren den Hauptfactor bei der Concentration

der Aufmerksamkeit und bei der Leitung des Vorstellungsablaufes abgeben. Sie besitzen allerdings keine selbstbestimmende Leistungsfähigkeit; sie werden vielmehr durch dieselben Reize in Action gebracht, welche auch wirkliche Bewegung zu erregen vermögen. Diese Hemmungscentren erreichen ihre Ausbildung in gleicher Linie mit den Centren der activen Bewegung, während der Entwicklung des Willens. Die Ausbildung der Hemmungscentren führt in den Willensact das Element der Ueberlegung ein; denn es wird nicht mehr lediglich auf Antrieb momentaner Empfindungen gehandelt, sobald die verschiedenen Associationen, welche sich um einen individuellen Act angehäuft haben, in das Bewusstsein getreten sind. Das Resultat der verschiedenen Associationen, deren Reproduction durch die momentanen Empfindungen bedingt ist, und die durch letztere bedingte Concentration der Aufmerksamkeit ist das Motiv, welches schliesslich die Handlung bestimmt.

Im Verhältnisse zu dem fortschreitenden Grade der Ausbildung, welchen die Hemmungscentren erlangen, verlieren die Willensacte ihren impulsiven Charakter und erscheinen als überlegte Handlungen. Momentane Antriebe oder Empfindungen reizen — statt augenblicklich eine Handlung anzuregen, wie beim Kinde — gleichzeitig die Hemmungscentren und verschieben die Handlung, bis unter dem Einflusse der Aufmerksamkeit die durch frühere Erfahrungen über Handlungen und ihre schmerzlichen oder freudigen Folgen eingeleiteten Associationen ins Bewusstsein getreten sind. Sind die Hemmungscentren schwach und deshalb auch die Fähigkeit zur Aufmerksamkeit, oder sind die momentanen Eindrücke ungewöhnlich stark, so ist das Wollen mehr ein impulsives als ein überlegtes.

Da die Hemmungscentren also der essentielle Factor der Aufmerksamkeit sind, so bilden sie auch die organische Grundlage aller höheren intellectuellen Fähigkeiten. Und im Verhältnisse zu ihrer Entwicklung können wir auch eine entsprechende Leistungsfähigkeit in intellectueller Beziehung erwarten.

„Eine grosse Auswahl von angehäuften Bildern, Vorstellungen oder Kenntnissen nützt wenig zu praktischen Zwecken ohne die Kraft des Einhaltthuens oder der Auswahl, welche ihrem Ursprunge nach rein willkürlich ist. Wir hätten sonst die ganze reiche Fülle eines Traumes, aber nicht jene Ordnung, wie sie zu dem Plane

eines Unternehmens oder zu den Regeln einer Composition gehört.“ (Bain, op. cit. p. 371.)

§. 104. Im geraden Verhältnisse zur Entwicklung der Aufmerksamkeit zeigt sich auch die Intelligenz und das Denken entwickelt. Gleichen Schritt hält aber auch die anatomische Ausbildung der Stirnlappen des Gehirnes, und wir haben mehrere experimentelle und pathologische Daten, welche uns veranlassen müssen, gerade an diesen Gehirntheil die Hemmungscentren — die physiologischen Substrate jener psychologischen Fähigkeit — zu localisiren.

Wir haben schon gezeigt, dass elektrische Reizung der vorderen Stirnlappen keine motorischen Erscheinungen zur Folge hat — eine Thatsache, welche, obgleich negativ, doch mit der Ansicht vereinbar ist, dass jene Hirntheile, wenn auch keine thätigen Motoren, so doch Hemmungsmotoren seien und ihre Thätigkeit durch innere Aenderungen in den eigentlichen, motorischen Centren zur Erscheinung bringen. Die Hemmungscentren und Hemmungsnerven wirken alle, wie wir gesehen haben, centrifugal, d. h. wesentlich motorisch; es wurde auch gezeigt, dass die Stirnregionen direct mit den centrifugalen oder motorischen Theilen der *Corona radiata* oder des Grosshirnstieles zusammenhängen.

Die Entfernung der Stirnlappen verursacht keine motorische Paralyse oder irgend einen anderen deutlichen physiologischen Effect, sondern nur eine Art geistiger Degradation, die sich in letzter Instanz auf den Verlust der Aufmerksamkeitsfähigkeit zurückführen lässt.

Das Vermögen der Aufmerksamkeit und Gedankensammlung ist fernerhin gering und unvollkommen bei Idioten mit mangelhafter Entwicklung der Frontallappen; Krankheiten dieser Theile sind besonders ausgezeichnet durch Blödsinn oder allgemeine geistige Degradation. Die Frontalregionen, welche den nicht erregbaren Gehirnthteilen beim Affen entsprechen, sind klein oder rudimentär bei den niederen Thieren, deren Intelligenz und Reflexionskraft auch diesem Zustande angemessen ist.

Die Entwicklung der Stirnlappen ist am vorgeschrittensten beim Menschen, der ja die höchste Intelligenz besitzt; und nimmt man zwei Menschen zum Vergleiche, so ist die höchste Intelligenz bei jenem vorhanden, welcher die grösste Ausbildung der Stirnlappen zeigt.

Ich denke, die Phrenologen haben guten Grund, die Reflexionsfähigkeit in die Stirngegend zu verlegen, und es ist in der That nicht unwahrscheinlich, dass die besondere Ausbildung bestimmter Punkte des Stirnhirnes auch eine Anzeige von Concentrationskraft und intellectueller Leistungsfähigkeit in gewissen Richtungen abgebe.

§. 105. Ich habe mich in diesem Capitel darauf beschränkt, einige der wichtigsten psychologischen Grundsätze darzulegen, welche man aus den experimentellen Untersuchungen der anatomischen und physiologischen Substrate des Geistes mit ziemlicher Sicherheit ableiten kann, und welche in vielen Dingen mit den Lehrsätzen von Bain und Herbert Spencer übereinstimmen.

Viele wichtige Punkte der Gehirnphysiologie müssten noch einer Betrachtung unterzogen werden, wie das Verhältniss der Gehirncentren zu den Ernährungs- oder trophischen Processen; die Bedingungen der normalen Gehirnthatigkeit; die physiologischen Bedingungen des Bewusstseins u. s. w.; aber da diese Fragen mehr im Lichte der Krankheitsphänomene am Menschen, als durch Experimente an niederen Thieren studirt werden müssen, so habe ich mir vorgenommen, diese und andere ähnliche Themata für eine weitere Abhandlung zu belassen, welche sich speciell mit der Betrachtung der Gehirnkrankheiten befassen soll.

Zwölftes Capitel.

Schematischer Ueberblick.

Rückenmark.

§. 106. Ich habe es versucht, in dem folgenden Schema die Wechselverhältnisse der spinalen und cerebralen Centren, wie wir sie in den früheren Capiteln ausführlich kennen gelernt haben, in übersichtlicher Weise darzustellen.

Die Rückenmarkscentren sind in der Fig. 58 durch die Kreise *A* und *A'* angedeutet. *A* entspricht den sensorischen, centripetalen, *A'* den motorischen, centrifugalen Theilen; beide stehen durch die intracentrale Commissur α mit einander in Verbindung. Die sensorischen Nerven sind mit *a*, die motorischen mit *a'* bezeichnet; die daneben stehenden Pfeile geben immer die Richtung an, in welcher die Leitung erfolgt. Ein Eindruck *a* erregt in reflectorischer, excito-motorischer Weise die Action *a'*, gänzlich unabhängig von den höheren Centren. Es können also alle Theile des Cerebrospinalsystemes oberhalb *AA'* entfernt werden, ohne die Fähigkeit zu Reflexactionen aufzuheben (vergl. Cap. II.).

Um eine gleichmässiger Nomenclatur durchzuführen, können wir diese unabhängige Thätigkeit des Rückenmarkes als kentrokinetische ($\kappaέντρον$ der Reiz, und $\kappaινέω$ ich bewege) bezeichnen.

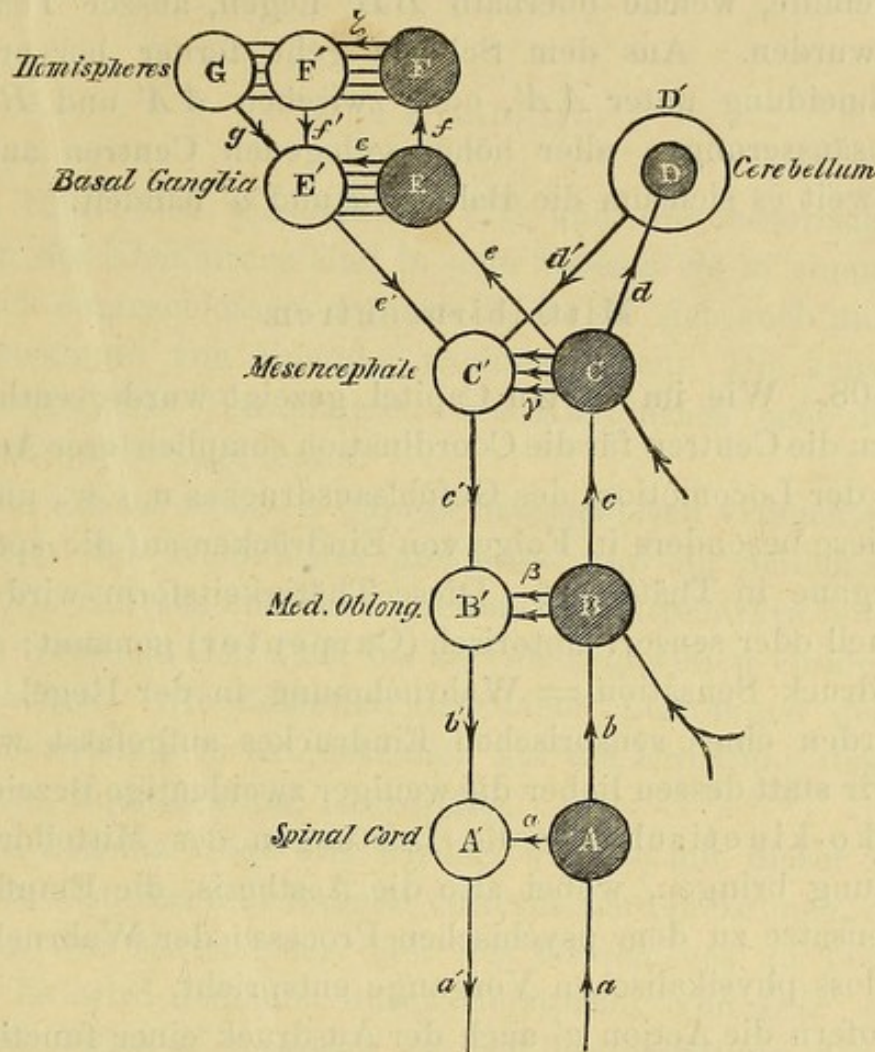
Verlängertes Mark.

§. 107. Die Centren des verlängerten Markes sind durch die Kreise *B* (sensorisch) und *B'* (motorisch) bezeichnet. Die unabhängige Leistungsfähigkeit des verlängerten Markes ist

bedeutend mannigfaltiger als die des Rückenmarkes, aber im Wesentlichen von derselben Art und Weise — excito-motorisch.

Mit Rücksicht auf die grössere Mannigfaltigkeit und Verschiedenheit der sensorischen und motorischen Coordinationen in der *Medulla oblongata* kann man diese Centren als den Sitz einer

Fig. 58.



Schematische Uebersicht der Nervencentren in der Cerebrospinalaxe.
Die weitere Erklärung ergibt sich aus dem Texte.

syn-kentro-kinetischen Thätigkeit, einer complicirteren Reflex-action ansehen.

Wie das Schema zeigt, kann der Eindruck a , welcher in den spinalen Centren AA' die Action a' erzeugte, auf dem Wege b zur *Medulla oblongata* weiter geleitet werden, und hier durch $B\beta B'$ und b' wieder genau dieselbe Muskelaction a' erzeugen, allein diesmal in Folge einer höheren, besonderen Coordinations-thätigkeit. Die speciellen Formen der durch die *Medulla oblongata*

vermittelten coordinirten Reflexactionen haben wir im dritten Capitel kennen gelernt.

In derselben Weise, wie die Reflexfunctionen des Rückenmarkes nach Entfernung aller oberhalb AA' gelegenen Theile noch fortdauern, so können auch die zusammengesetzten Reflexactionen der *Medulla oblongata* noch vor sich gehen, wenn alle Centralgebilde, welche oberhalb BB' liegen, ausser Thätigkeit gesetzt wurden. Aus dem Schema geht ferner hervor, dass Durchschneidung unter AA' , oder zwischen AA' und BB' die Functionsäusserungen aller höher gelegenen Centren aufheben muss, soweit es sich um die Bahnen a und a' handelt.

Mittelhirncentren.

§. 108. Wie im vierten Capitel gezeigt wurde, enthält das Mittelhirn die Centren für die Coordination complicirterer Actionen, wie z. B. der Locomotion, des Gefühlsausdruckes u. s. w., und zwar treten diese besonders in Folge von Eindrücken auf die speciellen Sinnesorgane in Thätigkeit. Diese Thätigkeitsform wird häufig consensuell oder sensori-motorisch (Carpenter) genannt; da aber der Ausdruck *Sensation* = Wahrnehmung in der Regel als Bewusstwerden eines sensorischen Eindruckes aufgefasst wird, so wollen wir statt dessen lieber die weniger zweideutige Bezeichnung ästhetiko-kinetisch für die Leistungen des Mittelhirnes in Anwendung bringen, wobei also die Aesthesis, die Empfindung, im Gegensatze zu dem psychischen Processe der Wahrnehmung, einem bloss physikalischen Vorgange entspricht.

Insofern die Action a' auch der Ausdruck einer functionellen Thätigkeit der Mittelhirncentren sein kann, ist sie das Resultat einer Aesthetiko-Kinesis, während dieselbe, durch das Rückenmark oder das verlängerte Mark veranlasst, kentro-kinetisch, resp. synkentro-kinetisch ist.

Je nach dem in Action tretenden Mittelhirncentrum fällt die betreffende Leistung verschieden aus.

Das Schema zeigt ferner, dass die oberhalb CC' gelegenen Theile des Centralnervensystemes entfernt werden können, ohne die ästhetiko-kinetische Thätigkeit aufzuheben. Die Entwicklung dieser Centren und ihre Unabhängigkeit steht aber in umgekehrtem Verhältnisse zu der Entwicklung der Grosshirnhemisphären.

Es wird also, nach diesem Gesetze, die Entfernung der Grosshirnhemisphären bei verschiedenen Thieren verschiedene Folgen nach sich ziehen. Ausserdem ist es auch verständlich, dass die ästhetiko-kinetischen Bahnen von den kentro- und syn-kentro-kinetischen abhängig sind, und dass eine Zerstörung, welche die letztgenannten Centren trifft, auch die ästhetiko-kinetischen Leistungen aufhebt.

Das Kleinhirn.

§. 109. Die sensorischen (D) und die motorischen (D') Centren des Kleinhirnes sind in dem Schema als in einander concentrisch eingeschlossen dargestellt, da sie sich auch anatomisch nicht bestimmt von einander trennen lassen. Die sensorischen und motorischen Beziehungen des Kleinhirnes sind durch die Pfeile d und d' angedeutet.

Wie ich im sechsten Capitel nachzuweisen versuchte, ist die Thätigkeit des Kleinhirnes gleichsam nur ein Seitenzweig der Aesthetiko-Kinesis, mit der Function des Mittelhirnes innigst verknüpft, wenn sie sich auch bis zu einem gewissen Grade von ihr unterscheidet. Die ästhetiko-kinetischen Leistungen des Kleinhirnes beziehen sich hauptsächlich auf die Erhaltung des Gleichgewichtes, Equilibration, Isorropesis.

Das Schema zeigt uns wieder, wie die mit dieser Leistung betrauten Centren und Bahnen entfernt werden können, ohne die Function des Mittelhirnes oder des Grosshirnes zu beeinträchtigen. Es wird demnach durch Zerstörung von DD' oder dd' auch die Action a' , insoweit sie bei der Erhaltung des Gleichgewichtes betheiligt ist, aber nicht weiter, gelähmt; ihre Erregung von Seiten der Willensthätigkeit der Hemisphären, oder ihre reflectorische, spinale Erregung bleiben dabei intact. Durchschneidung der zum Kleinhirne hinführenden Bahnen d hindert demnach auch nicht die Uebertragung sensorischer Eindrücke zu den Bewusstseinscentren. Es lehrt uns daher zugleich das Schema, dass weder Wahrnehmung noch Willensbewegung durch Erkrankung des Kleinhirnes afficirt zu werden brauchen. Werden die Bahnen ee' , welche den Grosshirnschenkeln entsprechen, unterbrochen, so leiden darunter die Equilibration, die coordinirte Ortsbewegung u. dergl. nicht, was an niederen Thieren, bei welchen das Mittel-

hirn im Verhältnisse zum Grosshirne mächtig entwickelt ist, experimentell nachgewiesen wurde.

Die Basalganglien.

§. 110. Die *Thalami optici* (E) und die Streifenhügel (E') sind durch die Bahnen e und e' (Grosshirnschenkel) mit den weiter unten gelegenen Centren, sowie durch die intracentralen Verbindungen ε unter einander verbunden.

Die Basalganglien sind, wie im zehnten Capitel gezeigt wurde, der Sitz einer, den eigentlichen Hemisphären subordinirten Thätigkeit, welche häufig auch secundär reflectorische oder automatische Action genannt wird. Die einzelnen sensorischen und motorischen Centren der Hirnrinde werden in diesen Ganglien zusammengefasst, organisch verbunden, so dass Gesamttactionen, welche ursprünglich einer durch den Willen geleiteten, bewussten Ausführung bedürfen, in diesen Ganglien gleichsam reflectorisch oder automatisch organisirt werden. Da ihre Leistungen noch unterhalb der Bewusstseinsphäre verlaufen, so kann man sie hypo-noetiko-kinetische nennen, um damit ihre Subordination unter die Thätigkeit der Hemisphären, deren Thätigkeitsweise ich im Folgenden die noetiko-kinetische nennen werde, zu bezeichnen.

Es ergibt sich ferner aus dem Schema, dass nach Zerstörung der Centren E und E' jede Verbindung zwischen der Hirnrinde und den tieferen sensorischen oder motorischen Bahnen unterbrochen ist, und dass in diesem Falle also ausser den hypo-noetiko-kinetischen Leistungen auch Wahrnehmung und Willensbewegung, welche Functionen einzig der Hirnrinde angehören, aufgehoben sind.

Die Grosshirnhemisphären.

§. 111. Die sensorischen Regionen (F) der Hirnrinde sind mit den motorischen (F') durch die Associationsbahnen ξ verbunden. G bezeichnet die Frontalgegend, die Hemmungscentren, oder die Hemmungscentren der Bewegung (§. 114).

Die verschiedenen Verbindungen dieser Centren mit den Basalganglien sind durch die Pfeile f, f', g angedeutet.

Die Reaction zwischen F und F' erfordert Bewusstseinsthätigkeit, Noesis; demnach können wir die Leistung der Hemisphären als eine noetiko-kinetische bezeichnen. In dieser können wir ferner eine ana-noetiko-kinetische Thätigkeit — Actionen in Folge reproducirter Eindrücke —, und eine syn-noetiko-kinetische Thätigkeit als Resultat complicirter Associationen unterscheiden.

Die Noetiko-Kinesis steht aber unter der Controle des Centrum G , welches als Basis der Aufmerksamkeit auch Centrum einer kata-noetiko-kinetischen Action genannt werden kann.

Wiewohl nun die einzelnen spinalen und cerebralen Centren ihre eigenen Leistungsformen besitzen, die sich mehr oder minder individuell und unabhängig äussern können, so bilden sie doch bloss Theile eines grossen Ganzen und wirken nicht ohne wechselseitige Beziehung zu einander; sie sind vielmehr alle mehr oder minder bei den gewöhnlichsten und anscheinend einfachsten functionellen Aeusserungen betheiligt.

Dreizehntes Capitel.

Topographische Verhältnisse des Schädels und der Hirnwindungen.

§. 112. In den vorhergehenden Capiteln wurden vielfach klinische und pathologische Fälle angeführt, welche geeignet sind, die physiologische Analogie zwischen dem menschlichen Gehirne und dem des Affen sowohl im Allgemeinen, als auch hinsichtlich der einzelnen anatomischen Abtheilungen klar zu legen.

Aufgabe dieses Capitels ist es nun, jene anatomischen und physiologischen Homologien im Detail durchzuführen, sowie die topographischen Beziehungen zwischen den Gehirnwindungen und dem Schädel zu präcisiren.

Ausser den zahlreichen pathologischen Beobachtungen, welche die Existenz differenzirter motorischer Centren auch für den Menschen beweisen, haben wir zugleich die experimentelle Bestätigung dafür in den Untersuchungen von Bartholow¹⁾. Er hatte Gelegenheit, die Hirnrinde einer Kranken, deren Gehirn in Folge einer carcinomatösen Erkrankung des Schädels in grosser Ausdehnung frei lag, direct elektrisch zu reizen. Da aber dieser Vorgang immerhin für den Kranken gefährlich ist, so erscheint seine Wiederholung wohl kaum rathsam. Bartholow fand, dass bei Anwendung des faradischen Stromes nach Ansetzen der nadelförmigen Elektroden an die Rinde des oberen Scheitelläppchens (P_1 , Fig. 59) convulsivische Bewegungen des entgegen-

¹⁾ Bartholow, Experimental Investigations into the Functions of the Human Brain. (Am. Journ. of the med. Sciences, April 1874.)

gesetzten Armes und Beines eintraten, womit das Resultat einer Reizung der entsprechenden Stelle beim Affen (1, Fig. 64) — Bewegungen des contralateralen Beines und Fusses — ziemlich übereinstimmt (vergl. Cap. VIII.). Allerdings sind die Resultate, welche Dr. Bartholow erhielt, weniger rein, indem weder seine Methode, noch der Zustand der Kranken einer genauen Localisirung des Reizes günstig waren. Jedenfalls ist aber damit die wichtige Thatsache experimentell festgestellt, dass Reizung solcher Stellen des menschlichen Gehirnes, welche anatomisch den motorischen Centren des Affen entsprechen, auch Bewegungen an der entgegengesetzten Körperhälfte veranlassen.

§. 113. Das Gehirn des Menschen ist nach demselben Typus wie das des Affen gebaut, an beiden sind wesentlich die gleichen primären Furchen zu erkennen; der Hauptunterschied besteht eben nur in der grösseren Complicirtheit der Hirnwindungen beim Menschen in Folge der Entwicklung zahlreicher secundärer und tertiärer Windungen, wodurch der einfache Typus des Affengehirnes mehr oder minder verwischt wird. Diese Differenzen sind am entwickelten Gehirne des Erwachsenen mehr ausgebildet, als an dem Gehirne des menschlichen Fötus.

Die Topographie der Hirnwindungen und ihre Homologien sind Gegenstand zahlreicher eingehender Untersuchungen geworden. Wir erwähnen nur die Arbeiten von Gratiolet, Bischoff, Huxley, Turner, Ecker, Meynert und Pansch. Wir werden die von den Meisten acceptirte Nomenclatur von Ecker¹⁾ im Folgenden beibehalten.

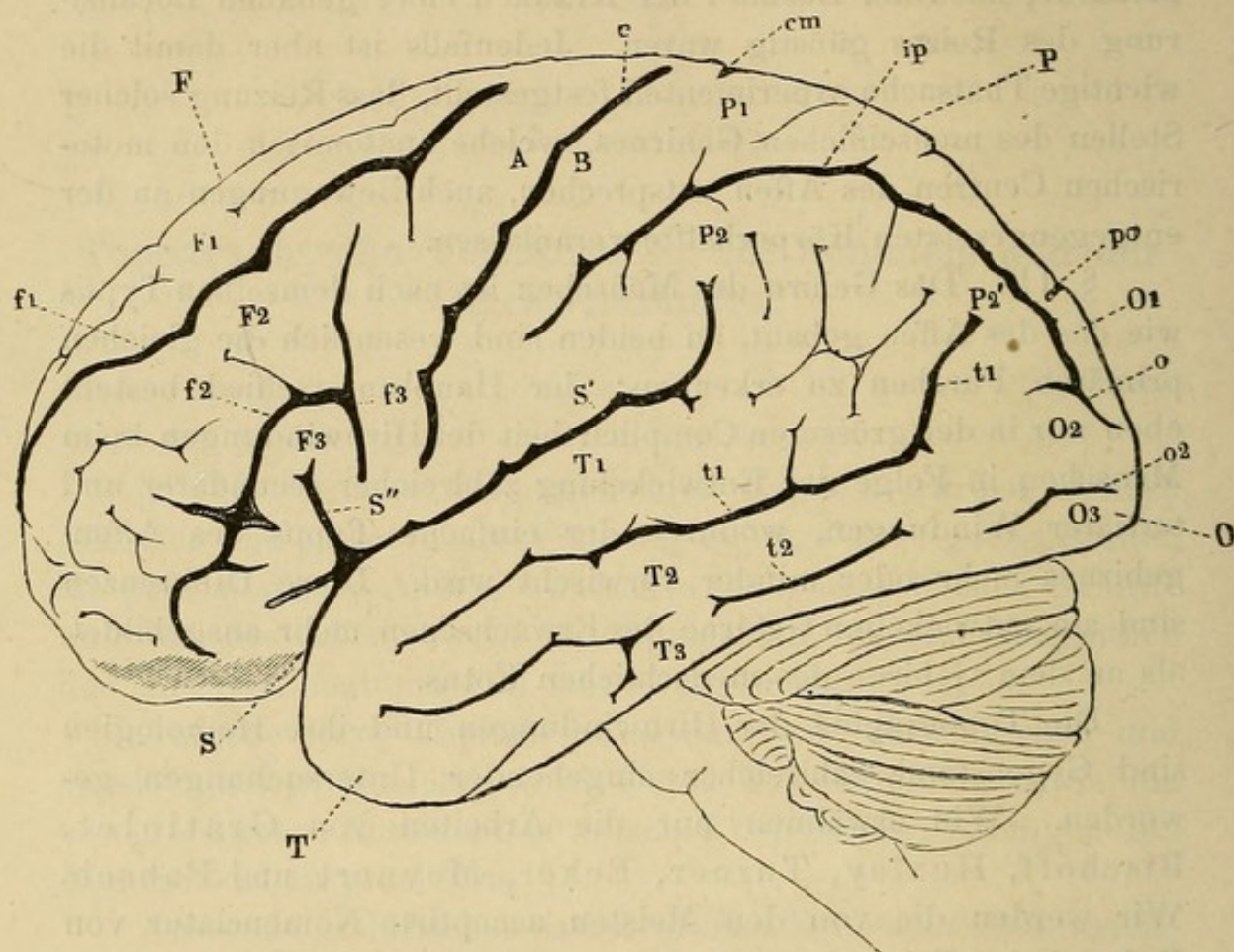
§. 114. Unter den primären Furchen fällt beim Menschen (*S*, Fig. 59) wie beim Affen (*A*, Fig. 60) zunächst die Sylvische Furche in die Augen, die bei ersterem ausser dem horizontalen oder hinteren Aste (*S'*) auch noch den aufsteigenden vorderen Ast (*S''*) zeigt. Zwischen diesen beiden Aesten liegt der Klappdeckel, *Operculum*, der die Insel von oben überdeckt. Die Rolandoische Furche oder Centralspalte finden wir ebenfalls beim Menschen (*c*) wie beim Affen (*B*). Das Gleiche gilt von der Parieto-occipital-Furche (*po* und *C*).

§. 115. Der Stirnlappen des Menschen (*F*, Fig. 59) wird durch die zwei Stirnfurchen (*f*₁ und *f*₂) in drei Stirnwindungen

¹⁾ Ecker, Die Hirnwindungen des Menschen. Braunschweig 1869.

(F_1 , F_2 , F_3) getheilt, welche, wie am Gehirne des Affen, rückwärts in der vorderen Centralwindung (A , Fig. 59) endigen. Auch den *Sulcus praecentralis* (f_3) finden wir am Affengehirne wieder (ap , Fig. 60). Der aufsteigende Ast der Sylvischen Furche grenzt

Fig. 59.



Seitenansicht des menschlichen Gehirnes (nach Ecker). F . Stirnlappen. P . Scheitellappen. O . Hinterhauptlappen. T . Schläfenlappen. S . Sylvische Furche. S' . Horizontaler, S'' . aufsteigender Ast der Sylvischen Furche. c . *Sulcus centralis* oder *Fissura Rolandi*. A . Vordere Centralwindung. B . Hintere Centralwindung. F_1 , F_2 , F_3 . Obere, mittlere und untere Stirnwindung. f_1 , f_2 . Obere und untere Stirnfurche. f_3 . *Sulcus praecentralis*. P_1 . Oberes Scheitelläppchen. P_2 . *Gyrus supramarginalis*. P_2' . *Gyrus angularis*. ip . *Sulcus interparietalis*. cm . Hinteres Ende des *Sulcus callosomarginalis*. O_1 , O_2 , O_3 . Obere, mittlere und hintere Hinterhauptwindung. pO . *Fissura parieto-occipitalis*. o . *Sulcus occipitalis transversus*. o_2 . *Sulcus occipitalis longitudinalis inferior*. T_1 , T_2 , T_3 . Obere, mittlere und untere Schläfenwindung. t_1 , t_2 . *Fissura temporo-sphenoidalis superior* und *inferior*.

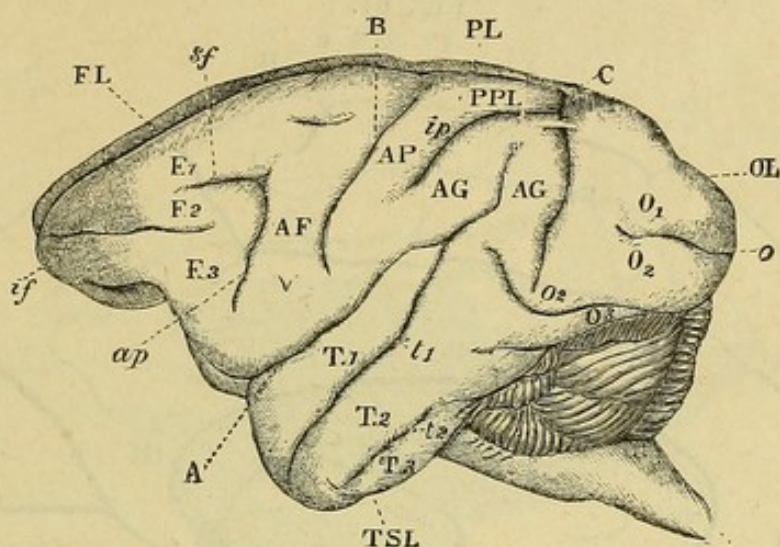
die unterste Stirnwindung gegen die vordere Centralwindung ab und wird von Turner mit Unrecht als eine Fortsetzung des *Sulcus praecentralis* angesehen. Es ist dies vielmehr nur ein

exceptionelles Vorkommen. Die Lage des aufsteigenden Astes der Sylvischen Furche ist beim Affen vielleicht durch eine leichte Depression am unteren Ende der vorderen Centralwindung (Fig. 60) angedeutet.

Die untere Fläche des Stirnlappens wird mitunter auch *Lobulus orbitalis* genannt.

§. 116. Am Scheitellappen treffen wir zunächst die hintere Centralwindung (*B*, Fig. 59, und *AP*, Fig. 60), welche am mensch-

Fig. 60.



Linke Hemisphäre des Gehirnes eines Affen (Makako). *A*. Sylvische Furche. *B*. Fissura Rolandoi. *C*. Fissura parieto-occipitalis. *FL*. Stirnlappen. *PL*. Scheitellappen. *OL*. Hinterhauptlappen. *TSL*. Schläfenlappen. *F₁*, *F₂*, *F₃*. Obere, mittlere und untere Stirnwindung. *sf*, *if*. Obere und untere Stirnfurche. *ap*. Sulcus praecentralis. *AF*, *AP*. Vordere und hintere Centralwindung. *PPL*. Oberes Scheitellappchen. *AG*. Gyrus angularis. *ip*. Sulcus interparietalis. *T₁*, *T₂*, *T₃*. Obere, mittlere und untere Schläfenwindung. *t₁*, *t₂*. Sulcus temporo-sphenoidalis superior und inferior. *O₁*, *O₂*, *O₃*. Obere, mittlere und untere Hinterhauptwindung. *o*, *o₂*. Obere und untere Hinterhauptfurchen.

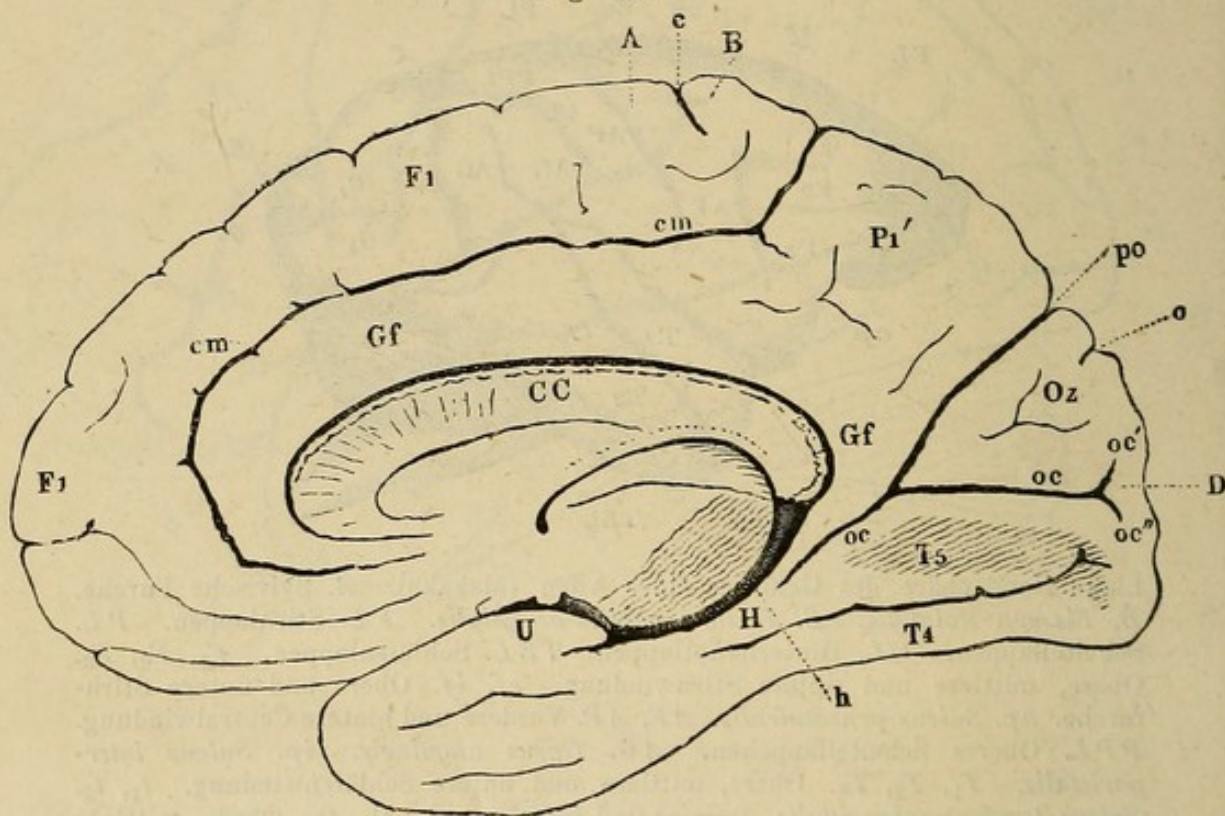
lichen Gehirne wie an dem des Affen rückwärts von der Interparietalfurche (*ip*) begrenzt wird. Ebenso sehen wir an beiden Gehirnen das obere Ende dieser Windung in das obere Scheitellappchen (*P₁*, Fig. 59, *PPL*, Fig. 60) übergehen und bis an die Parieto-occipital-Fissur reichen.

Das untere Scheitellappchen, welches unterhalb der Interparietalfurche gelegen ist, finden wir beim Menschen complicirter als beim Affen, und in zwei Abtheilungen zerfallen, nämlich in die vordere, welche das obere Ende der Sylvischen Furche umkreist, *Lobulus supramarginalis* (*Lobule du pli courbe* von

Gratiolet) (P_2 , Fig 59), und in die hintere, welche sich um das hintere Ende der ersten Schläfenfurche herumschlägt, *Gyrus angularis* (*Pli courbe* von Gratiolet) (P_2' , Fig. 59). Beim Affen findet sich diese Theilung des unteren Scheitelläppchens (AG) nicht, der vordere unterer Theil des letzteren kann als dem mächtig entwickelten *Lobulus supramarginalis* des Menschen entsprechend angesehen werden.

§. 117. Der Schläfenlappen des Menschen (T) zerfällt wie der des Affen durch zwei parallele Furchen (t_1 und t_2) in drei

Fig. 61.



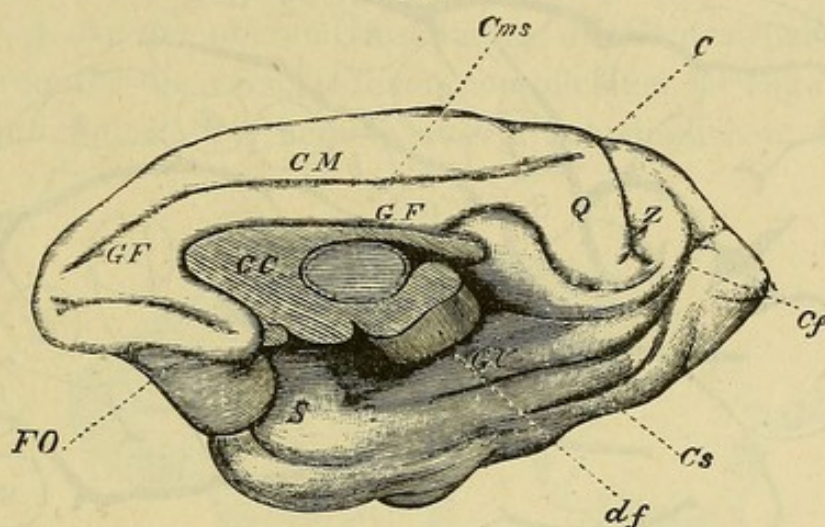
Mediale Fläche der rechten Hemisphäre des menschlichen Gehirnes (nach Ecker). CC. Corpus callosum, der Länge nach getheilt. Gf. Gyrus forniciatus. H. Subiculum cornu Ammonis. h. Sulcus hippocampi. U. Uncus. cm. Sulcus callosomarginalis. F₁. Mediane Seite der oberen Stirnwindung. c. Oberes Ende der Centralspalte. A, B. Vordere und hintere Centralwindung. P₁'. Praecuneus, Vorzwickel. Oz. Cuneus, Zwickel. po. Fissura parieto-occipitalis. o. Sulcus occipitalis transversus. oc. Fissura calcarina. oc', oc''. Deren oberer und unterer Ast. D. Gyrus descendens. T₄. Gyrus occipito-temporalis lateralis (Spindelwindung). T₅. Gyrus occipito-temporalis medialis (Zungenwindung).

Schläfenwindungen (T_1 , T_2 , T_3), von denen die oberste häufig auch *Gyrus inframarginalis* genannt wird. Eine dritte parallele Furche, die untere Schläfenfurche, begrenzt die unterste Schläfenwindung nach unten zu.

§. 118. Der Hinterhauptlappen hängt mit dem Scheitel- und Schläfenlappen durch mehrere Windungen zusammen, welche Gratiolet *Plis de passage* (Uebergangswindungen, *bridging convolutions*) genannt hat; entsprechend den drei Occipitalwindungen und deren Fortsetzungen nach vorn kann man auch drei derartige Uebergangswindungen unterscheiden.

§. 119. An der medialen Fläche beider Gehirne finden wir zunächst den *Gyrus fornicatus* (*Gf*), welcher an seinem Schläfenende den *Uncus gyri fornicati* bildet (*U*). Von dem medialen Theile der obersten Stirnwindung, die auch den Namen Marginal-

Fig. 62.



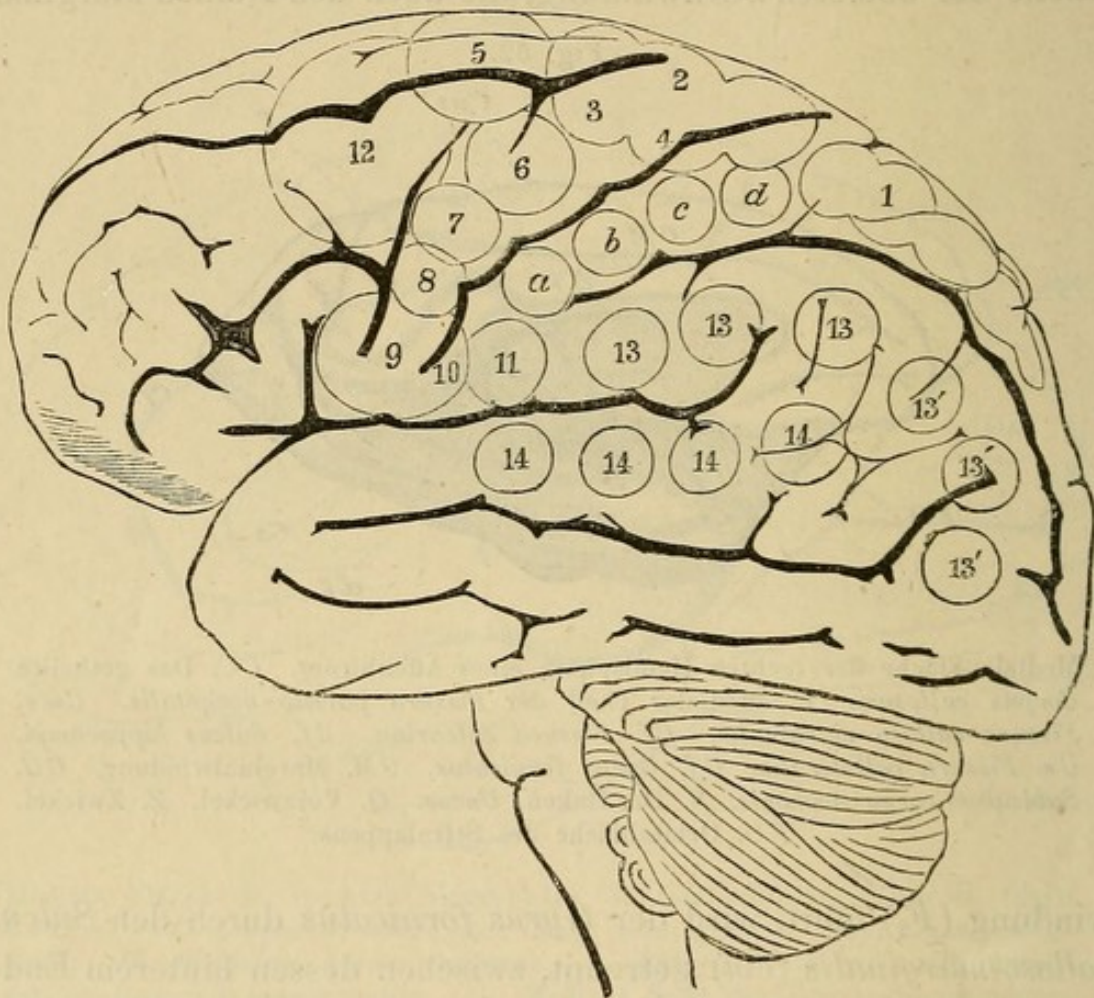
Mediale Fläche der rechten Hemisphäre eines Affenhirnes. *CC*. Das getheilte *Corpus callosum*. *C*. Medialer Theil der *Fissura parieto-occipitalis*. *Cms*. *Fissura calloso-marginalis*. *Cf*. *Fissura calcarina*. *df*. *Sulcus hippocampi*. *CS*. *Fissura collateralis*. *Gf*. *Gyrus fornicatus*. *CM*. Marginalwindung. *GU*. *Subiculum cornu Ammonis*. *S*. Der Haken, *Uncus*. *Q*. Vorzwinkel. *Z*. Zwickel. *FO*. Orbitalfläche des Stirnlappens.

windung (*F₁*) führt, wird der *Gyrus fornicatus* durch den *Sulcus calloso-marginalis* (*cm*) getrennt, zwischen dessen hinterem Ende und der Parieto-occipital-Furche wir beim Affen und beim Menschen die mediale Fläche des oberen Scheitelläppchens als Vorzwinkel (*Lobulus quadrilateralis*, *Praecuneus*) (*P₁'*, Fig. 61, *Q*, Fig. 62) bezeichnen. Die *Fissura calcarina* (*oc*, Fig. 61, und *Cf*, Fig. 62) geht beim Menschen nicht, wie beim Affen, direct in den *Sulcus hippocampi* (*h*, Fig. 61) über, so dass die Continuität des *Gyrus fornicatus* nicht gänzlich unterbrochen wird. Der Zwickel (*Cuneus*) liegt am Gehirne des Menschen (*Oz*) und des Affen (*Z*) zwischen der Parieto-occipital-Furche und der

Fissura calcarina. Die Bildung der Zungenwindung (T_5 , Fig. 61) und der Spindelwindung (T_4) beim Menschen durch das Auftreten des *Sulcus occipito-temporalis*, welcher diese beiden Gyri trennt, ist am Affenhirne ebenfalls, wenn auch nur in geringer Entwicklung, angedeutet.

§. 120. Die am Affengehirne im Verhältnisse zu den übrigen Säugethieren bereits gut entwickelte Insel erreicht doch erst am menschlichen Gehirne (*c*, Fig. 4) ihre höchste Ausbildung.

Fig. 63.



Seitenansicht des menschlichen Gehirnes. Die Kreise mit den eingeschriebenen Zahlen und Buchstaben haben die gleiche Bedeutung wie am Affenhirne, Fig. 64.

§. 121. In den Figuren 63 bis 66 habe ich versucht, am Gehirne des Menschen die Lage derjenigen Centren, welche am Gehirne des Affen experimentell festgestellt wurden, approximativ anzudeuten. Eine vollständige Uebereinstimmung wird man ja wohl kaum erwarten, um so weniger, als einerseits beim Menschen die Bewegungen des Armes und der Hand viel complicirter und feiner

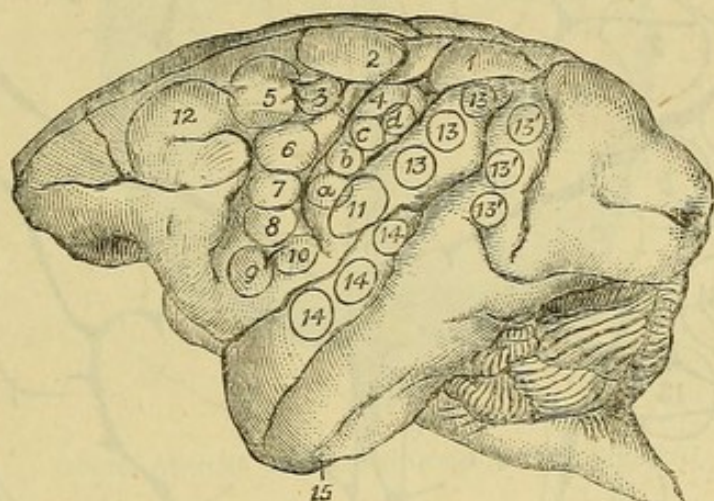
organisirt sind als beim Affen, und dem Menschen andererseits wieder die Greifbewegungen des Fusses und die Schwanzbewegungen fehlen.

In der Seitenansicht (Fig. 63) der linken menschlichen Hemisphäre sind die gleichen Zahlen wie am Gehirne des Affen (Fig. 64) an den annähernd gleichwerthigen Stellen angebracht. Dasselbe gilt von der oberen Ansicht beider Gehirne (Fig. 65 und 66). Hinsichtlich der genaueren Details vergl. Cap. VIII, §. 53.

1. Am oberen Scheitelläppchen: entspricht den Centren für die Bewegungen des contralateralen Beines und Fusses, wie solche zu den Locomotionsbewegungen dienen.

2, 3, 4. An der oberen Umsäumung der Centralspalte: enthält die Centren für die verschiedenen complicirten Bewegungen des Armes und Beines, wie beim Klettern, Schwimmen u. dergl.

Fig. 64.



Die linke Hemisphäre des Affenhirnes (vergl. Fig. 29).

5: An der Vereinigungsstelle der obersten Stirnwindung mit der vorderen Centralwindung ist das Centrum für die Vorwärtsbewegungen von Arm und Hand, z. B. um einen vorne gelegenen Gegenstand zu berühren.

6: An der vorderen Centralwindung, dem hinteren Ende der mittleren Stirnwindung entsprechend, kann das Centrum jener Bewegungen des Vorderarmes und der Hand gesucht werden, bei welchen der Biceps besonders betheiligt ist, also Supination der Hand und Flexion des Vorderarmes.

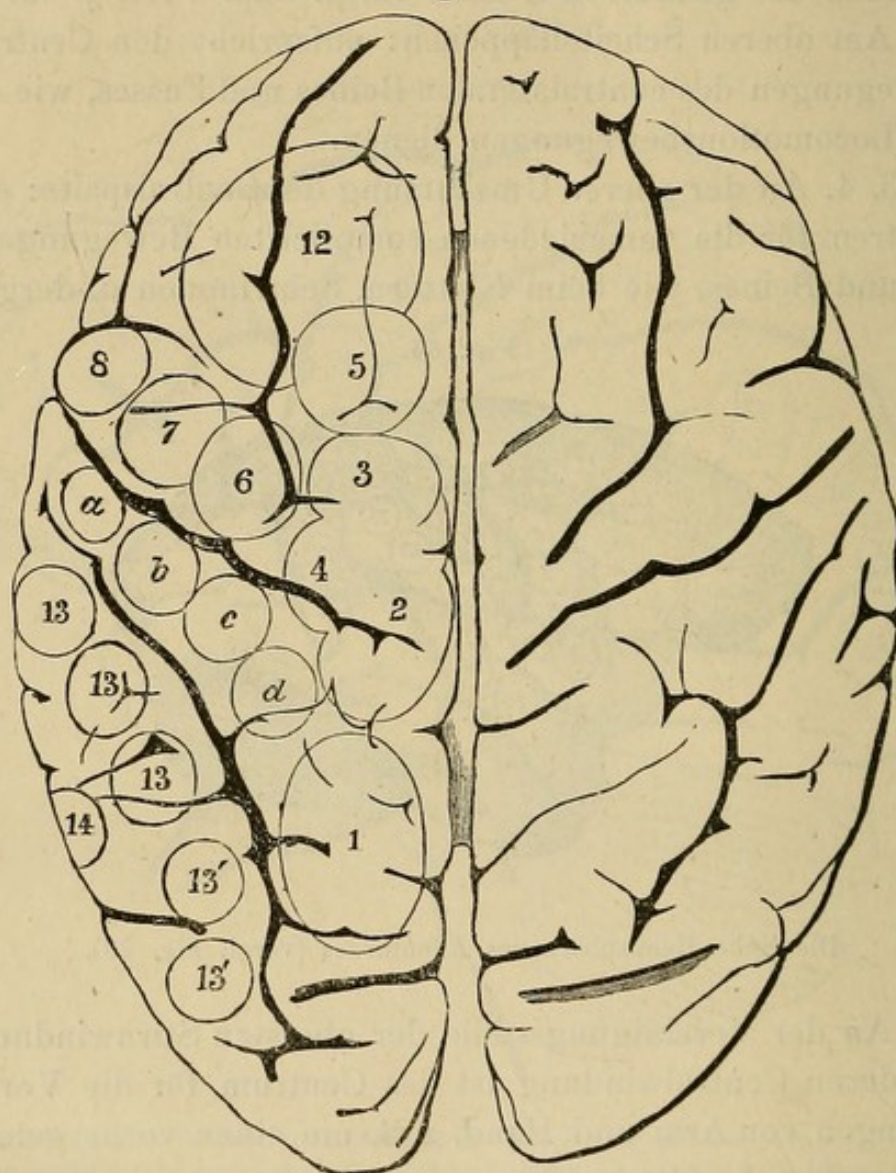
7 und 8 sind Centren für die Elevatoren und Depressoren des Mundwinkels.

9 und 10 vereinigt bezeichnen das Centrum für die Bewegungen der Lippe und der Zunge wie bei der Articulation. Bei Erkrankung dieser, auch als Broca'sche Windung bekannten, Rindenpartie tritt Aphasie ein.

11: Centrum des Platysma. Retraction des Mundwinkels.

12: Centrum für die Lateralbewegungen von Kopf und Augen mit Erhebung der Augenlider und Dilatation der Pupillen.

Fig. 65.



Obere Ansicht des menschlichen Gehirnes. Die Kreise sammt ihren eingeschriebenen Zahlen und Buchstaben haben die gleiche Bedeutung wie am Affenhirne, Fig. 66.

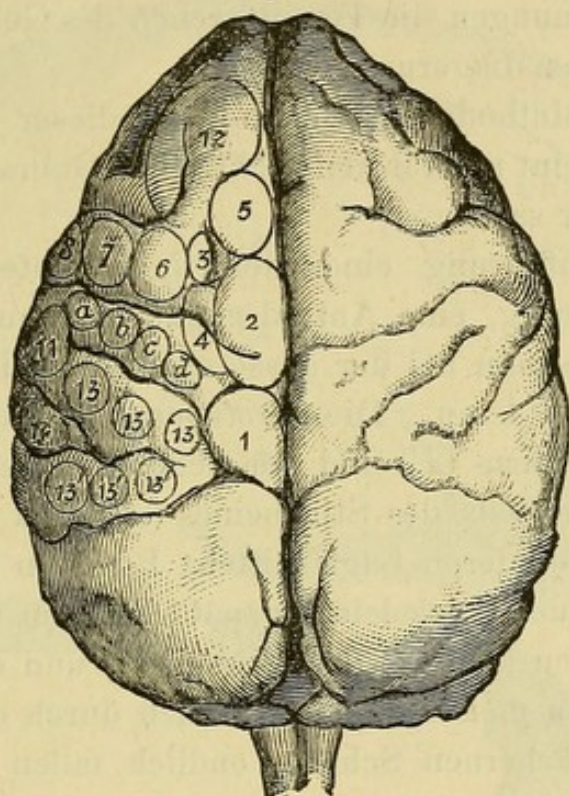
a, b, c, d an der hinteren Centralwindung geben die Centren für die Bewegungen der Hand und des Handgelenkes an.

13 und 13' am *Lobulus supramarginalis* und am *Gyrus angularis* bezeichnen das Sehcentrum.

14. An der oberen Schläfenwindung: entspricht der Lage des Hörcentrum. Das Centrum für den Geruch ist im *Uncus gyri fornicati* (U, Fig. 61) gelegen. In nächster Nähe davon, aber nicht deutlich abgegrenzt, befindet sich auch das Centrum für den Geschmack.

Das Centrum für den Tastsinn haben wir im *Subiculum cornu Ammonis* (H, Fig. 61) zu suchen.

Fig. 66.



Obere Ansicht des Affenhirnes (vergl. Fig. 28).

Ueber die Bedeutung der anderen Rindentheile wurde im neunten (§. 71) und im elften Capitel (§. 104) ausführlicher gesprochen.

Beziehungen der Hirnwindungen zum Schädel.

§. 122. Eine genaue Bestimmung der Beziehungen zwischen den Hauptfurchen und Windungen des Gehirnes einerseits und der Oberfläche des Schädels und seinen Nähten andererseits ist für den Arzt und den Chirurgen von grosser Wichtigkeit bei der Localisation und Abschätzung der Folgen von Krankheiten, von Verletzungen des Gehirnes oder seiner Hüllen; sie kann aber auch bei anthropologischen und craniologischen Untersuchungen von sehr beträchtlichem Nutzen sein.

Diese Frage haben Broca¹⁾, Heftler, Féré, Turner²⁾ und Andere nach verschiedenen Methoden zu lösen getrachtet. Seeligmüller³⁾ hat eine Methode vorgeschlagen, um das Verhältniss der wichtigsten Furchen zu den Schädelnähten an einem einzigen Präparate zu demonstrieren. Er sägt in den frischen Schädel ein kreuzförmiges Fenster; der lange Balken des Kreuzes entspricht der Sagittalnaht, während der Querbalken ca. 2 cm hinter der Kranznaht ausgeschnitten wird. Man übersieht nun durch diese Oeffnungen die Hauptfurchen des Gehirnes und ihrer normalen relativen Lagerung.

Turner's Methode zur Bestimmung dieser topographischen Verhältnisse scheint mir für den praktischen Gebrauch am passendsten zu sein. Er sagt:

„Zur Durchführung einer derartigen Untersuchung ist es zunächst nothwendig, eine Anzahl genau bestimmter Grenzsteine zu haben, welche man bei der äusseren Untersuchung des Kopfes sehen oder fühlen kann. Die *Protuberantia occipitalis externa* (*o*, Fig. 67), der Stirn- (*F*) und der Scheitelhöcker (*P*), sowie der *Processus zygomaticus* des Stirnbeines (*A*) sind solche leicht erkennbare Gebilde, deren Lage mittelst Betasten durch die Kopfhaut hindurch, und noch leichter natürlich am nackten Schädel festgestellt werden kann. Die Coronal- (*c*) und die Lambdanaht (*l*) können an den meisten Schädeln auch durch die Haut gefühlt werden; am knöchernen Schädel endlich fallen noch leicht die Lage der *Sutura temporo-parietalis* (*s*), *temporo-sphenoidalis* (*ss*) und *parieto-sphenoidalis* (*ps*), sowie die *Linea semicircularis* (*t*) in die Augen.“

Von diesen fixirten Punkten aus kann die Oberfläche des Schädels in zehn scharf abgegrenzte Regionen abgetheilt werden. Die Kranznaht (*c*, Fig. 67) bildet die hintere Grenze der Stirnregion. Eine imaginäre Linie (*2*), welche von der *Sutura squamosa* (*s*) vertical nach aufwärts durch die Scheitelbeinhöcker (*P*) zur Pfeilnaht gezogen wird, theilt die Scheitelregion in eine vordere (*SAP* + *IAP*) und in eine hintere (*SPP* + *IPP*) Abtheilung.

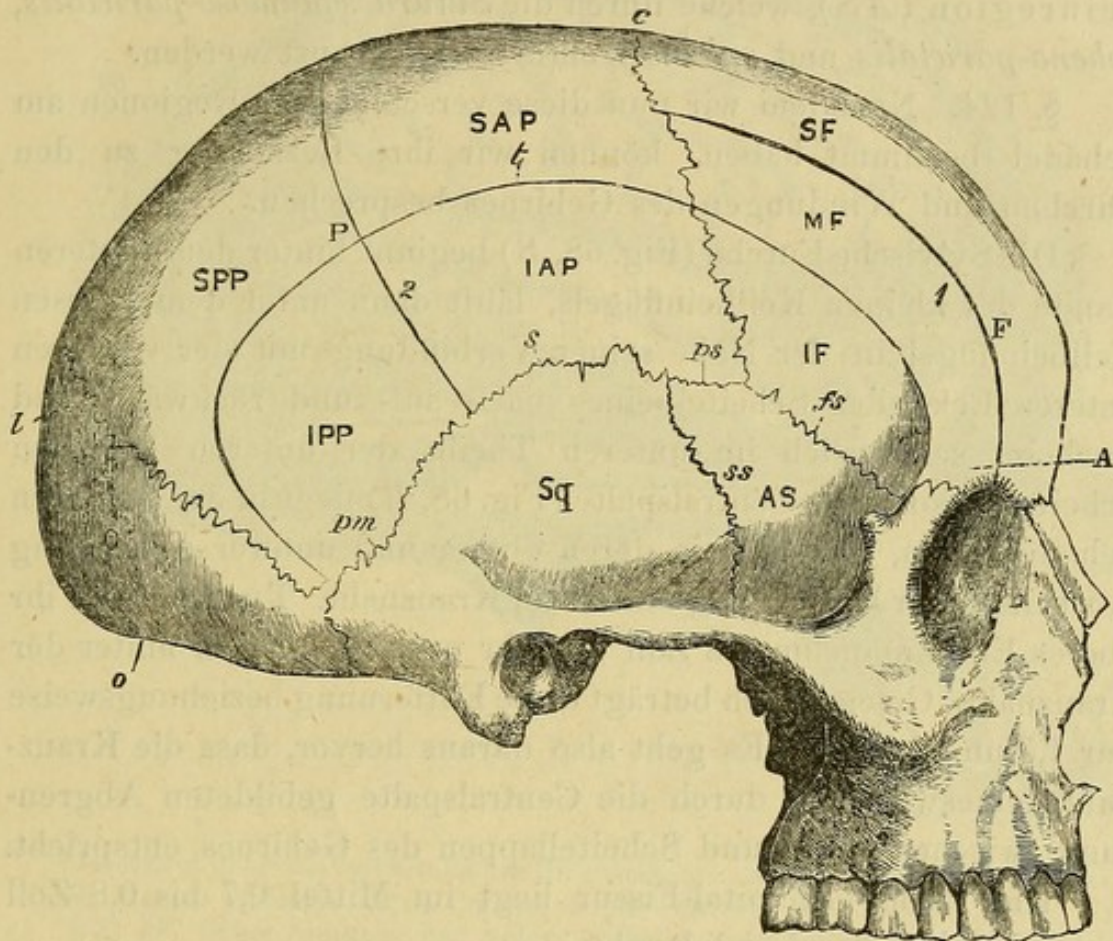
¹⁾ P. Broca, La Topographie cranio-cérébrale. (Revue d'Anthropol. 1876, Tome V.)

²⁾ Turner, Journal of Anat. and Phys., XIII. u. XIV. Bd.

³⁾ Seeligmüller, Arch. f. Psych., VIII. Bd.

Die Hinterhauptregion (*O*) liegt zwischen der Lambda-naht (*l*) einerseits und der *Protuberantia occipitalis* (*o*) sowie der *Linea arcuata superior* andererseits. Diese vier Hauptregionen erlauben wieder weitere Unterabtheilungen. Die *Linea semicircularis* (*t*) theilt die Stirn- und die beiden Scheitelregionen in eine obere und eine untere Hälfte; wir haben demnach eine obere

Fig. 67.



Seitenansicht des menschlichen Schädels. A. Jochfortsatz des Stirnbeines. F. Stirnhöcker. P. Scheitelhöcker. o. Hinterhaupthöcker. c. Kranznaht. l. Lambdanaht. s. *Sutura squamosa*. t. Schläfenlinie. fs. *Sutura fronto-sphenoidalis*. ps. *Sutura parieto-sphenoidalis*. ss. *Sutura squamoso-sphenoidalis*. pm. *Sutura parieto-mastoidea*. 1. Stirnlinie. 2. Scheitellinie. SF, MF; IF. Oberer, mittlerer und unterer Theil der Stirnregion. SAP, IAP, SPP, IPP. Die vier Abtheilungen der Scheitelregion. O. Hinterhauptregion. Sq. Schuppenschläfenregion. AS. Keilbeinregion.

vordere (*SAP*) und eine untere vordere (*IAP*), eine obere hintere (*SPP*) und eine untere hintere (*IPP*) Scheitelregion.

Von den beiden Hälften der Stirnregion wird die mediane abermals durch eine vom Orbitalrande aus den Stirnhöcker überschreitende imaginäre Linie (1, Fig. 67), welche gegen die Kranz-

naht zieht, in zwei Hälften getheilt, so dass die ganze Stirnregion in drei Abtheilungen zerfällt, in die obere (*SF*), mittlere (*MF*) und die untere (*IF*) Stirnregion.

§. 123. Bis jetzt haben wir acht Regionen kennen gelernt; die neunte und zehnte sind schwer abzugrenzen, indem der Schädel in dieser Gegend von dem Temporalmuskel bedeckt wird. Es sind dies die Schuppen-Schläfenregion (*Sq*) und die Keilbeinregion (*AS*), welche durch die *Sutura squamoso-parietalis*, *spheno-parietalis* und *spheno-frontalis* abgegrenzt werden.

§. 124. Nachdem wir nun diese verschiedenen Regionen am Schädel bestimmt haben, können wir ihre Beziehung zu den Furchen und Windungen des Gehirnes besprechen.

Die Sylvische Furche (Fig. 68, *S*) beginnt hinter dem hinteren Rande des kleinen Keilbeinflügels, läuft dann unter dem grossen Keilbeinflügel in der Nähe seiner Verbindung mit der vorderen unteren Ecke des Scheitelbeines nach auf- und rückwärts und erscheint schliesslich im unteren Theile der unteren vorderen Scheitelregion. Die Centralspalte (Fig. 68, *R*) liegt in der vorderen Scheitelregion, und zwar in deren oberer und unterer Abtheilung in wechselnder Entfernung hinter der Kranznaht. Turner fand ihr oberes Ende manchmal 2 Zoll und ihr unteres 1,5 Zoll hinter der Kranznaht. Gelegentlich beträgt diese Entfernung beziehungsweise nur 1,5 und 1,3 Zoll. Es geht also daraus hervor, dass die Kranznaht keineswegs der durch die Centralspalte gebildeten Abgrenzung zwischen Stirn- und Scheitellappen des Gehirnes entspricht.

Die Parieto-occipital-Fissur liegt im Mittel 0,7 bis 0,8 Zoll vor der Spitze der Lambdanaht.

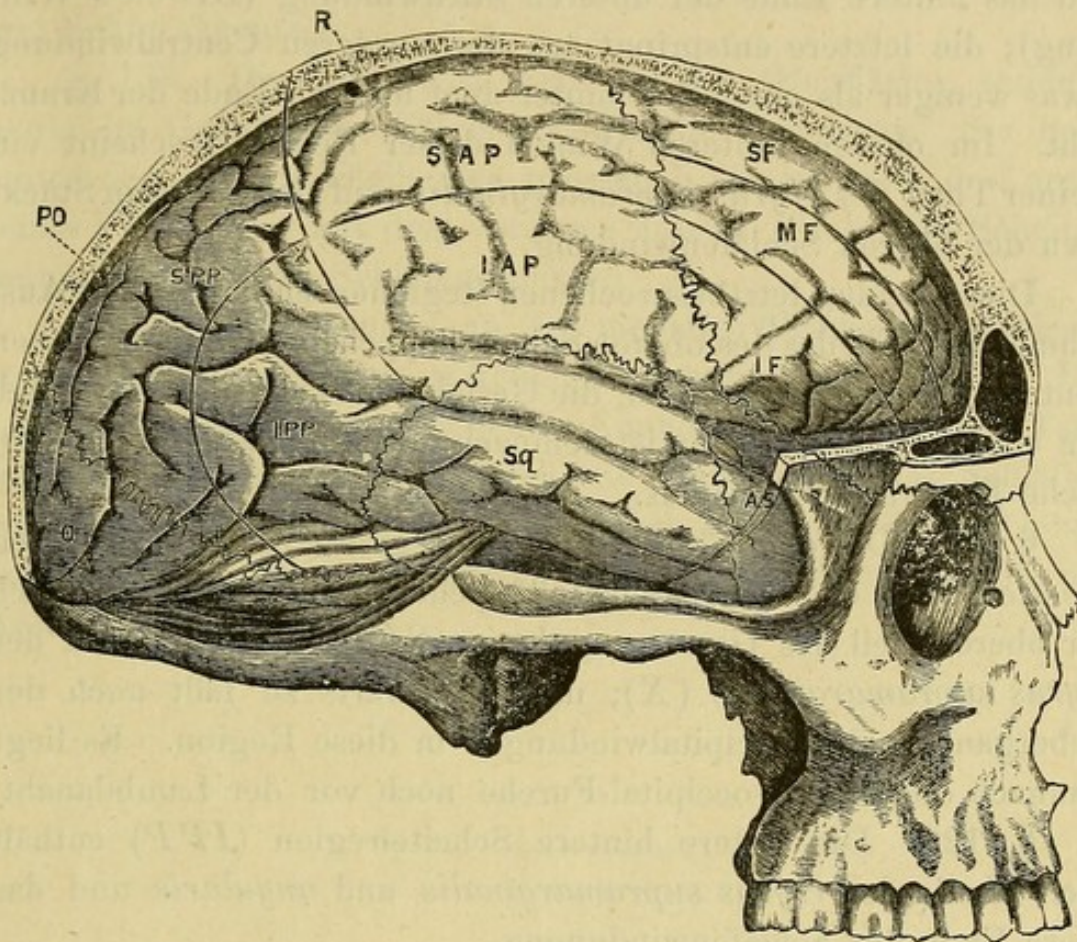
§. 125. Wir haben nun zu untersuchen, welche Gebilde in den einzelnen Regionen eingeschlossen sind.

Die Stirnregion wird ganz vom Stirnlappen eingenommen, bedeckt ihn aber nicht vollständig, da die hinteren Theile der drei Stirnwindungen und die vordere Centralwindung bereits der Scheitelregion angehören. Die in der Stirnregion eingeschlossenen Rindentheile entsprechen annähernd der nicht reizbaren Zone des Stirnhirnes, welche nach der in §. 104 ausgesprochenen Hypothese die motorischen Substrate der höheren intellectuellen Fähigkeiten darstellt.

Die drei Unterabtheilungen der Stirnregion fallen mit den drei Stirnwindungen zusammen.

§. 126. Die obere vordere Scheitelregion (*SAP*) enthält die zwei oberen Drittheile der vorderen (*AP*) und der hinteren (*S*) Centralwindung, und den Ursprung der oberen und der mitt-

Fig. 68.



Uebersicht über das Verhältniss der Hirnwindungen zum Schädel (nach Turner). *R.* Fissura Rolandoi. *PO.* Parieto-occipital-Furche. *SS.* Fissura Sylvii. *SF*, *MF*, *IF.* Obere, mittlere und untere Abtheilung der Stirnregion des Schädels; die Buchstaben stehen auf der oberen, mittleren und unteren Stirnwindung. *SAP.* Obere vordere Abtheilung der Scheitelregion des Schädels; *S.* steht auf der hinteren, *AP.* auf der vorderen Centralwindung. *IAP.* Untere vordere Abtheilung der Scheitelregion. *SPP.* Obere hintere Abtheilung der Scheitelregion; die Buchstaben befinden sich auf dem *Gyrus angularis*. *IPP.* Untere hintere Abtheilung der Scheitelregion; die Buchstaben stehen auf der mittleren Schläfenwindung. *X.* Lobulus supramarginalis (entsprechend dem Scheitelhöcker). *O.* Occipitalregion des Schädels; der Buchstabe befindet sich auf der mittleren Hinterhauptwindung. *Sq.* Schuppenschläfenregion; die Buchstaben stehen auf der zweiten Schläfenwindung. *AS.* Keilbeinregion; die Buchstaben befinden sich am vorderen Ende der oberen Schläfenwindung.

leren Stirnwindung; die erste geht etwa 1,2 bis 1,3 Zoll, die letztere circa 1 Zoll hinter der Kranznaht aus der vorderen Centralwindung hervor. In den oberen hinteren Winkel dieser Region kommt ein Theil des oberen Scheitelläppchens, und

darunter mitunter auch ein kleines Stückchen des *Lobulus supramarginalis* zu liegen.

§. 127. Die untere vordere Scheitelregion (*IAP*) enthält das untere Drittheil der beiden Centralwindungen (*I* und *AP*) und das hintere Ende der unteren Stirnwindung (Broca's Windung); die letztere entspringt aus der vorderen Centralwindung etwas weniger als einen Zoll hinter dem unteren Ende der Kranznaht. Im oberen hinteren Winkel dieser Region erscheint ein kleiner Theil des *Gyrus supramarginalis* und darunter ein Stückchen der oberen Schläfenwindung.

Diese beiden letztbesprochenen Regionen enthalten, mit Ausnahme eines Theiles des oberen Scheitelläppchens, alle motorischen Centren für die Extremitäten, die Gesichtsmuskeln und den Mund. Die vordere Scheitelregion ist demnach gewissermaassen die motorische Region des Schädels.

§. 128. Die obere hintere Scheitelregion (*SPP*) enthält den grössten Theil des oberen Scheitelläppchens; unter ihm liegt noch der obere Theil des *Gyrus angularis* (*SPP*) und ein Stück des *Gyrus supramarginalis* (*X*); nach rückwärts zu fällt noch der Uebergang in die Occipitalwindungen in diese Region. Es liegt demnach die Parieto-occipital-Furche noch vor der Lambdanaht.

§. 129. Die untere hintere Scheitelregion (*IPP*) enthält noch Theile des *Gyrus supramarginalis* und *angularis* und das obere Ende der Schläfenwindungen.

Die hintere Scheitelregion im Ganzen enthält, mit Ausnahme des oberen Scheitelläppchens, die sensorischen Centren, insbesondere jene für das Sehen, welche einen grossen Theil dieser Region für sich in Anspruch nehmen. Der Scheitelbeinhöcker entspricht ziemlich genau diesem Centrum, und es könnte von Bedeutung (in phrenologischer Beziehung) sein, zu entscheiden, ob seine Ausbildung mit der Entwicklung jener geistigen Leistungen, welche sich auf Gesichtseindrücke basiren, in geradem Verhältnisse steht.

§. 130. Die Hinterhauptregion (*O*) entspricht dem Occipitalappen, bedeckt ihn aber nicht vollständig, ein Theil des letzteren reicht über die Lambdanaht nach vorne in die hintere Scheitelregion.

§. 131. Die Schuppen-Schläfenregion (*Sq*) enthält den grössten Theil der Schläfenwindungen, doch reicht die oberste

derselben, welche die Centren des Gehörs enthält, theilweise noch unter den grossen Keilbeinflügel, sowie in die untere vordere und hintere Scheitelregion hinein.

§. 132. Die Keilbeinregion (*AS*) enthält das vordere Ende des Schläfenlappens, und entspricht demnach der Lage der Riech- und Schmeckcentren.

§. 133. Die Insel tritt nicht an die Oberfläche, sondern bleibt im Grunde der Sylvischen Furche verborgen. Sie liegt hinter dem oberen Theile des grossen Keilbeinflügels und unter seiner Verbindung mit dem vorderen unteren Winkel des Scheitelbeines und mit der Schläfenschuppe.

Auch die Windungen an der medialen Fläche des Gehirnes stehen selbstverständlich in keiner Beziehung zum Schädel. Die Lage der in der Tiefe gelegenen Ammonshornregion (des Tastcentrum) ist oberflächlich durch die Windungen des Schläfenlappens angedeutet und gehört demnach vorzüglich in das Gebiet der hinteren unteren Scheitel-, der Schläfenschuppen- und der Keilbeinregion.

ALPHABETISCHES INHALTSVERZEICHNISS.

A.

Aesthesia 51.
 Aesthetiko-kinetische Action 328.
 Aesthetische Gemüthsbewegungen 292.
 Affectäusserungen 75. 85.
 Ageusie 207.
 Agraphie 310.
 Albertoni und Michieli 149.
 Ammonshornregion, ihre physiologische Bedeutung 192.
 Amputirte Glieder, Reizung ihrer Nervenstümpfe 249.
 Anästhesie bei Verletzung des Sehhügels 270.
 Anencephalie 28.
 Anosmie 207.
 Anpassungsvermögen 48.
 Aphasie 138. 306.
 Arnold 244.
 Articulation 28. 302.
 Association der Vorstellungen 301.
 Ataxia locomotoria 54.
 Athmungscentrum 29.
 Aufmerksamkeit 255. 319.
 Augenbewegungen bei Kleinhirnreizung 107.
 Augenbewegungen bei Grosshirnreizung 179.
 Ausdrucksbewegungen 75.
 Automatik, bewusste 297.
 Automatische Thätigkeit des Rückenmarkes 25.

B.

Bain 243. 286. 289. 320. 323.
 Balken 12.
 Baraduc 259.

Bartholow 332.
 Basalganglien, deren elektrische Reizung 176.
 Basalganglien, deren physiologische Function 265.
 Bastian 185.
 Bell 31.
 Bernhard 252.
 Beschleunigende Herznerven 32.
 Betz 166.
 Bewegungsstörungen bei Verletzung der Grosshirnrinde 221.
 Bewegungsvorstellungen 299.
 Bewusstsein, darstellendes und vorstellendes 287.
 Bewusstseinsmangel bei fehlendem Grosshirne 46.
 Bewusstseinsvorgänge 286.
 Bigelow 137.
 Bilateral associirte Bewegungen 232.
 Bischoff 333.
 Bisiadecki 81.
 Blindheit bei Grosshirnkrankheiten 183.
 Blindheit bei Kleinhirntumoren 229.
 Blindheit bei Vierhügelverletzungen 80.
 Bogengänge 63.
 Bouillaud 99. 138. 258.
 Breuer 67.
 Bridgman 305.
 Broadbent 11. 80. 232.
 Broca 138. 306. 342.
 Brondgeest 25.
 Brown, Crum- 67.
 Brown-Séguard 31. 66. 102. 125. 260.
 Browne, Crichton- 77. 267.
 Brücke 7. 130.
 Brun 226.
 Brunton 21. 93. 253. 312. 318.
 Budge 94.
 Bulbärparalyse 28.

C.

Carpenter 73. 319. 328.
 Carville und Duret 145. 176. 198.
 228. 234. 280.
 Cayrade 82.
 Centren, motorische der Grosshirnrinde 219.
 Centren, sensorische der Grosshirnrinde 179.
 Charcot 82. 183. 198.
 Chiasma nervor. optico-rum 80. 183.
 Chloroform, Wirkung auf das Gehirn 77. 147.
 Clarke Lockhart 1. 126.
 Combette 99.
 Commissuren des Gehirnes 13.
 Commissuren, vordere 13. 201.
 Conflict der Motive 315.
 Coordination der Bewegungen 72.
 118.
 Cotard 226.
 Cranio-cerebrale Topographie 341.
 Crow-bar Case 137.
 Crura cerebri 8.
 Cyon 67.
 Czermak 70.

D.

Dalton 98.
 Danilewsky 93.
 Dax 138.
 Dean 34.
 Delirium 319.
 Demeaux 197.
 Denkfähigkeit 324.
 Depressor 35.
 Deviation, conjungirte von Kopf und Augen 256.
 Ditmar 33.
 Drehungsempfindungen 67.
 Duchenne 28. 57.
 Dupuy 145.
 Durst 293.
 Dysphorie 292.

E.

Ecker 333.
 Eckhard 133.
 Eingeweide, deren Beziehung zur Gleichgewichtserhaltung 71.
 Elektrische Grosshirnreizung bei:
 Affen 152; Fischen 175; Frö-

schen 175; Hunden 159; Kaninchen 172; Katzen 169; Meerschweinchen 173; Ratten 174; Schafen 171; Schakalen 167; Tauben 174.

Elektrische Reizung der Basalganglien 176.
 Elektrische Reizung des Kleinhirnes 108.
 Empfindung 51.
 Epileptische Krämpfe bei Grosshirnrindenerkrankungen 138.
 Equilibration 52. 329.
 Erbrechen 70.
 Erinnerungsfähigkeit 290.
 Erregbarkeit, elektrische der Grosshirnrinde 139.
 Eulenburg 139.
 Euphorie 292.

F.

Faradische und galvanische Gehirnreizung 143.
 Fechner 253.
 Féré 342.
 Flechsig 1. 261.
 Fletcher 209.
 Flourens 29. 37. 40. 63. 96. 125. 132.
 136. 185.
 Fornix 12.
 Fournier 276.
 Frank und Pitres 149.
 Fraser 313.
 Freusberg 34.
 Fritsch 140. 160. 227.
 Fühlcentrum 192.
 Fühlsphäre 263.
 Fuss des Hirnschenkels 9.

G.

Gall 131.
 Galvanisation d. menschlichen Kleinhirnes 116.
 Galvanische Grosshirnreizung 143.
 Gefässtonus 25. 33.
 Gefühle 291.
 Gehörnerv in Beziehung zum Kleinhirne 126.
 Gemüthsbewegungen 75.
 Geschlechtsfunctionen abhängig vom Kleinhirne 131.
 Geschlechtstrieb 294.
 Geschlechtstrieb, dessen Centrum in der Grosshirnrinde 216.

Gesichtseindrücke, deren Bedeutung für die Equilibration 61.
 Gewölbe 12.
 Gleichgewichtserhaltung 52.
 Gleichgewichtsstörung bei: Galvanisation des Kopfes 116; Kleinhirnverletzung 96; Vierhügelverletzung 82.
 Glicky 225.
 Goltz 24. 34. 38. 48. 65. 82. 101. 186. 262.
 Gratiolet 79. 152. 333.
 Grosshirnexstirpation bei: Fischen 40; Fröschen 38; Säugethieren 42; Tauben 40.
 Grosshirnrindenreizung, elektrische bei: Affen 152; Fischen 175; Fröschen 175; Hunden 159; Kaninchen 172; Katzen 169; Meerschweinchen 173; Ratten 174; Schafen 171; Schakalen 167; Tauben 174.
 Gubler 8.
 Gudden 81.
 Gyrus angularis, dessen physiologische Bedeutung 179.
 Gyrus uncinatus, dessen physiologische Bedeutung 200.

H.

Hakenwindung, deren physiologische Bedeutung 200.
 Hallucinationen 200. 293.
 Harlow 137.
 Haube des Hirnschenkels 9.
 Hecker 76.
 Heftler 342.
 Hemianästhesie, alkoholische 200.
 Hemianästhesie aus cerebraler Ursache 198.
 Hemiopie 81. 183. 274.
 Hemiplegie, alterne 8.
 Hemiplegie bei Erkrankung: der Grosshirnrinde 225; des Kleinhirnes 121; des Streifenhügels 266.
 Hemmung der Handlungen 315.
 Hemmung der Reflexe 20.
 Hering 33.
 Hermann 227.
 Herzen 21.
 Herzinnervation 32.
 Herznerven, hemmende 32. 318.
 Hinterhauptlappen, dessen physiologische Bedeutung 210.
 Hitzig 106. 116. 139. 140. 160. 227. 239. 241.

Hodgson 227.
 Homologien des menschlichen Gehirnes mit dem des Affen 332.
 Hörzentrum 187.
 Hungergefühl 213. 293.
 Husten 31.
 Huxley 153. 333.
 Hypochondrie 293.
 Hypo-noetiko-kinetische Action 330.

I, J.

Jackson, Hughlings- 128. 138. 146. 251. 273. 287. 313.
 Ideenbildung 287.
 Ideen, fixe 293.
 Impulsive Willensacte 316.
 Intelligenz 324.
 Irland 284.
 Irisbewegungen 80.
 Isorropesis 329.

K.

Kapsel, innere, deren Bedeutung 198.
 Katanoesis 331.
 Kentro-kinetische Action 326.
 Kleinhirn 13.
 Kleinhirn, dessen Function 95.
 Kleinhirnerkrankungen 98.
 Kleinhirnreizung bei: Affen 108; Hunden und Katzen 113; Kaninchen 111; Vögeln u. Fischen 115.
 Kniehöcker 16.
 Knoll 92.
 Kölliker 34.
 Krämpfe aus cerebraler Ursache 138.
 Kraftsinn 246.
 Kussmaul 307.

L.

Labyrinth des inneren Ohres 63.
 Lachen 76.
 Landouzy 226. 227.
 Langendorff 175.
 Laycock 217. 286. 319.
 Leitungsbahnen im Rückenmarke 4.
 Lelut 132.
 Lépine 225.
 Lesen 302.
 Leuret 132.
 Lewis Bevan 166.
 Leyden 59. 254.

Linke Hemisphäre in ihrer Beziehung zu den Bewegungen 306.
 Linsenkern 10. 276.
 Lobi optici, deren Function 79.
 Localisation der Grosshirnrindenfunktionen 136.
 Locomotionsstörungen bei Vierhügelzerstörung 83.
 Loi de suppléance 235.
 Longet 37. 40. 61. 105. 134.
 Lotze 23.
 Ludwig 35.
 Lussana 40. 105. 125. 132.
 Lust- und Unlustgefühle 291.
 Luys 11. 266. 273.

M.

Mach 67.
 Magendie 105. 209.
 Magenschwindel 72.
 Magnan 197. 200. 209.
 Mandelstamm 81.
 Maragliano 226.
 Marcacci 171.
 Marksege 129.
 Marot 258.
 Marshall-Hall 19.
 McKendrick 83. 186.
 Medulla oblongata, deren Bau 5.
 Menière'sche Krankheit 70. 127.
 Mesocephalon 37.
 Meynert 1. 11. 14. 16. 29. 79. 91. 125. 201. 333.
 Michel 81.
 Miescher 34.
 Mittelhirn, dessen Functionen 37.
 Mittelhirn, ein Sensorium commune 49.
 Mongié 312.
 Motive der Handlungen 316.
 Motorische Grosshirnrindencentren 219.
 Munk 186. 217. 263.
 Muskelsinn 56. 125. 241.
 Muskeltonus 25.

N.

Nervi afferentes 2.
 Nervi efferentes 2.
 Nervi pressores 34.
 Neurosis 51.
 Niesen 31.
 Noesis 51.
 Noetiko-kinetische Action 331.

Nothnagel 139. 227. 239. 241. 276.
 Nymphomanie 294.
 Nystagmus 62.

O.

Obersteiner 166. 227. 231.
 Ogle 207. 312.
 Ohrlabyrinth 63.
 Olfactorius-Kreuzung 201.
 Oliven 14.
 Opisthotonus bei Reizung der Vierhügel 87.
 Organische Empfindungen 292.
 Ortsbewegung, coordinirte 101.
 Owen 120. 132.
 Owsjanikoff 33.

P.

Pacinische Körperchen 57.
 Pansch 333.
 Paralysis glosso-pharyngea 28.
 Pflüger 22.
 Philipeaux 6. 100.
 Pitres 226. 258.
 Pleurosthotonus bei Streifenhügelreizung 176.
 Pons Varoli 7.
 Priapismus 133.
 Prochaska 19.
 Psychische Functionen des Gehirnes 284.
 Psychosis 51.
 Purkinje 116.
 Putman 149.
 Pyramidenkreuzung 6.

Q.

Quakversuch 38.

R.

Ransome 209.
 Rauber 57.
 Raymond 198.
 Reflexfunctionen des Rückenmarkes 18.
 Reflexfunctionen des verlängerten Markes 27.
 Reflexionsfähigkeit 325.
 Reid 132.
 Reizbarkeit der Grosshirnrinde 139.

Rendu 198.
 Renzi 104.
 Reproduction der Vorstellungen 289.
 Respirationscentrum 29.
 Riechcentrum 200.
 Riechchiasma 201.
 Rinde des Grosshirnes 12.
 Rinde des Kleinhirnes 14.
 Rindenblindheit 186.
 Rollbewegungen 105.
 Rückenmark, dessen Bau 3.
 Russell 312.
 Rutherford 35.

S.

Sachs 38.
 Sander-Ezn 5.
 Sanderson 149. 176. 237.
 Satyriasis 294.
 Scheinbewegungen der äusseren Gegenstände 118.
 Schematische Uebersicht des Centralnervensystems 326.
 Schiff 1. 4. 21. 31. 105. 227. 240.
 Schläfenwindung, obere, deren physiologische Bedeutung 187.
 Schlesinger 34.
 Schmeckcentrum 200.
 Schmerzgefühle 291.
 Schreiben 303. 310.
 Schröder v. d. Kolk 28. 57.
 Seekrankheit 72.
 Seelenblindheit 186.
 Seeligmüller 342.
 Seepferdefuss 12.
 Seepferdefuss, kleiner 12. 214.
 Segalas 133.
 Sehcentrum 179.
 Sehhügel 9; deren elektrische Reizung 176; deren Erkrankungen 273; deren physiologische Bedeutung 267.
 Sehnervenkreuzung 80. 183.
 Selbsterhaltung 292.
 Sensorium commune im Kleinhirne 124.
 Sensorium commune im Mittelhirne 49.
 Serres 82. 133.
 Setschenow 20.
 Sitophobie 293.
 Soltmann 235.
 Spencer, H. 289. 325.
 Spinalnerven 2.
 Spontane Leistungen fehlend bei Grosshirnmangel 45.
 Ferrier, die Functionen des Gehirnes.

Sprechen 302.
 Stabkranz 11; dessen elektrische Reizung 148; dessen Verletzungen 226.
 Stirling 26.
 Stirnende des Grosshirnes, dessen physiologische Bedeutung 256. 324.
 Streifenhügel 9. 26; deren elektrische Reizung 176. 266; deren physiologische Bedeutung 236. 266.
 Stricker 34.
 Substitution, functionelle der Rindencentren 233.
 Syn-kentro-kinetische Action 327.

T.

Tactile Sinneseindrücke in Bezug auf die Gleichgewichtserhaltung 53.
 Tonus der Sphincteren und Blutgefässe 25.
 Topographische Verhältnisse von Gehirn und Schädel 341.
 Tractus opticus, sein Ursprung 79.
 Traum 319.
 Triebe 293.
 Triebe, krankhafte 317.
 Trousseau 72. 137. 258.
 Türk 198.
 Tuke, Batty 313.
 Turner 152. 333. 342.

U.

Uncus, seine physiologische Bedeutung 200.
 Utriculus 64.

V.

Valentin 94.
 Vasomotorisches Centrum 33.
 Vertigo a stomacho laeso 70.
 Vestibulum 63.
 Veyssière 198. 270.
 Vierhügel 15; deren physiologische Bedeutung 79; deren Reizung 86.
 Viscerale Empfindungen 71. 214.
 Voit 41. 77.
 Volkmann 54.

Vulpian 4. 25. 29. 31. 38. 40. 44.
58. 78. 105. 125. 247. 267.

W.

Wagner 98.

Wahrnehmung 46. 51; deren Zustandekommen 288.

Weber 253.

Weir-Mitchell 98. 102. 123. 249.

Willensthätigkeit, deren Entwicklung 295.

Willkürbewegungen 295.

Windungen des Grosshirnes bei Menschen und Affen 332.

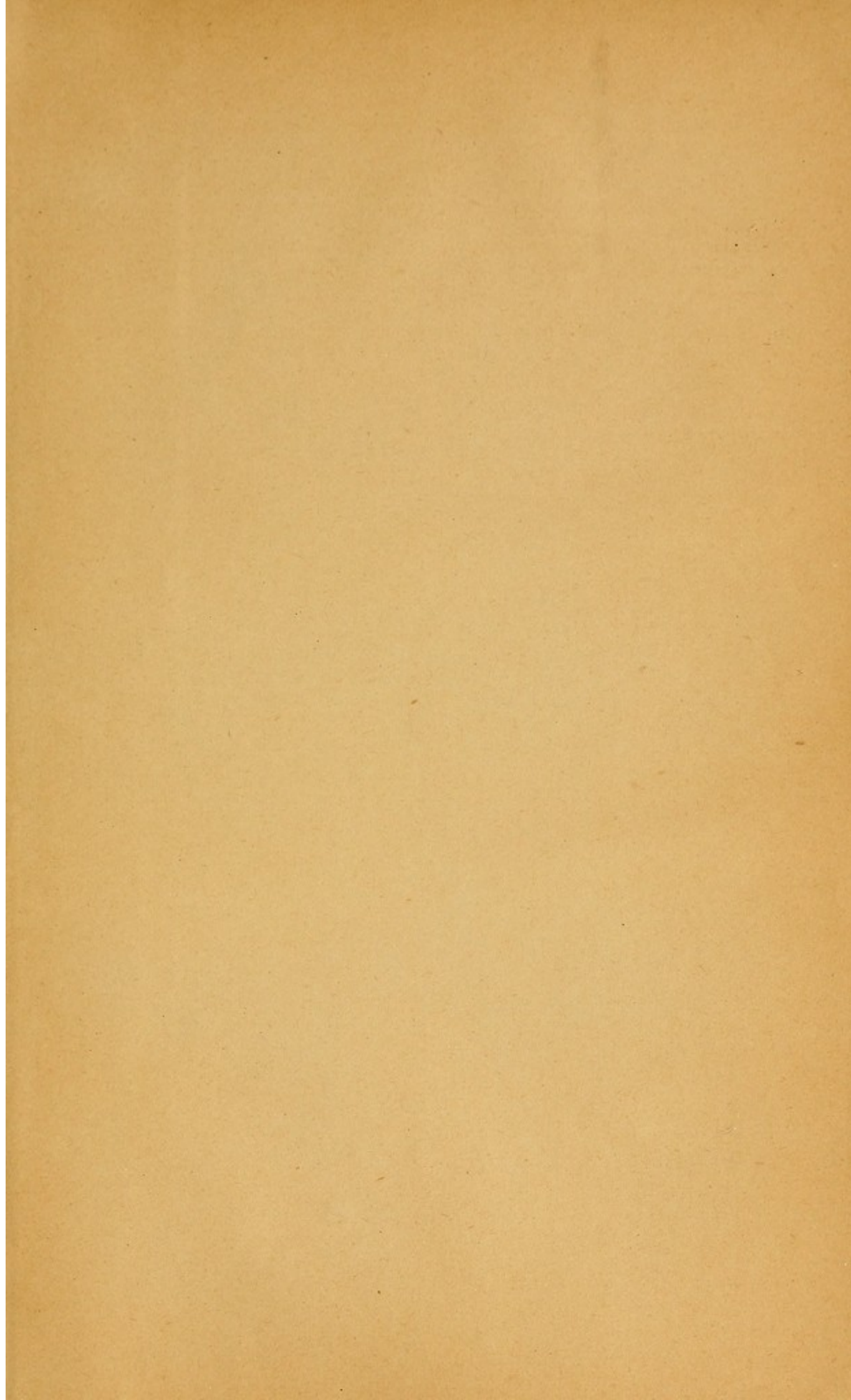
Woroschiloff 4.

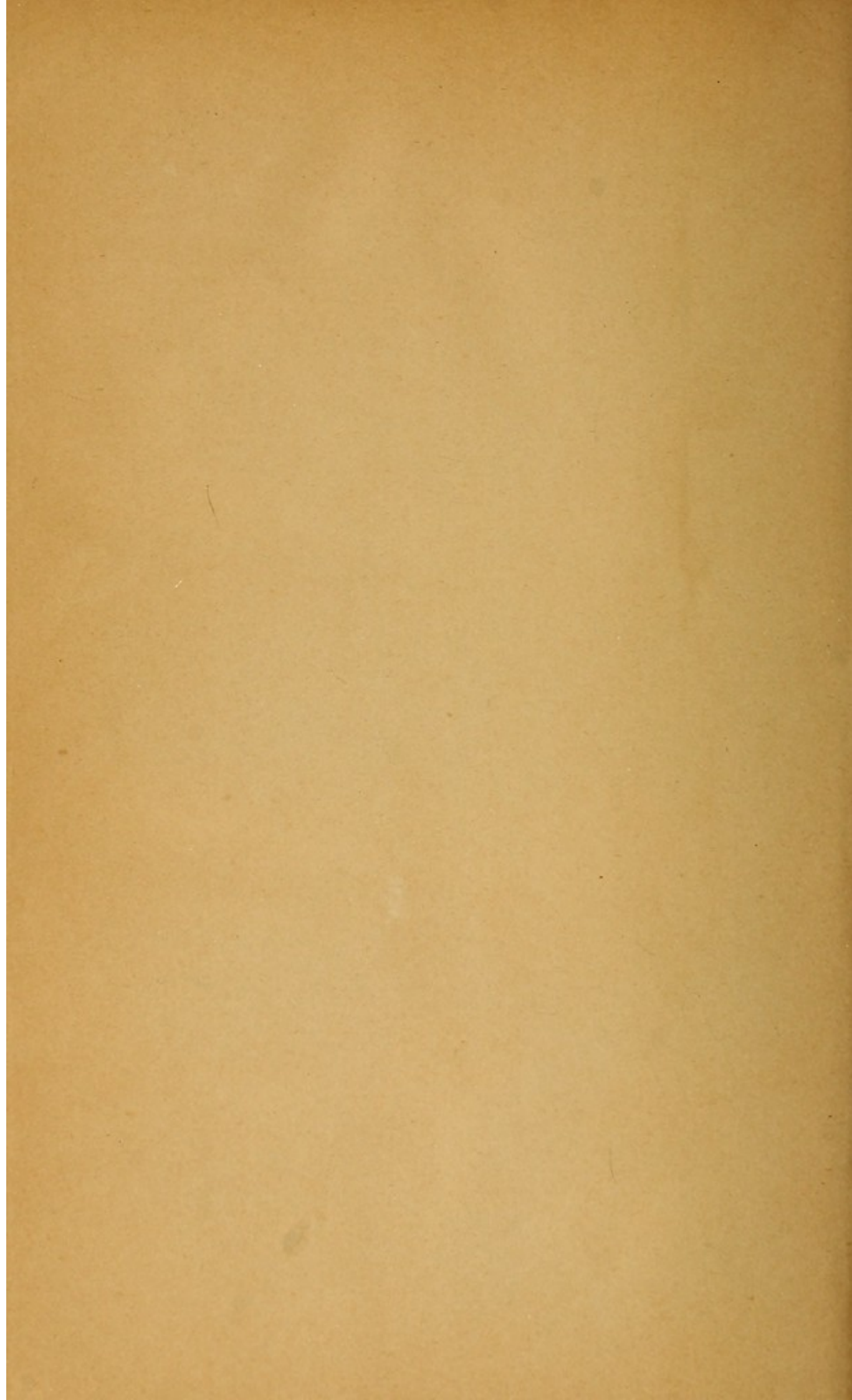
Wundt 21. 128. 133. 245. 320.

Wurzeln der Spinalnerven 2.

Z.

Zweckmässigkeit der Reflexbewegungen 22.





COUNTWAY LIBRARY OF MEDICINE

QP
385
F415 G3

RARE BOOKS DEPARTMENT

