

Über die Functionen von Hirn und Rückenmark : gesammelte Mittheilungen.

Contributors

Munk, Hermann, 1839-1912.
University College, London. Library Services

Publication/Creation

Berlin, 1909.

Persistent URL

<https://wellcomecollection.org/works/agjpp868>

Provider

University College London

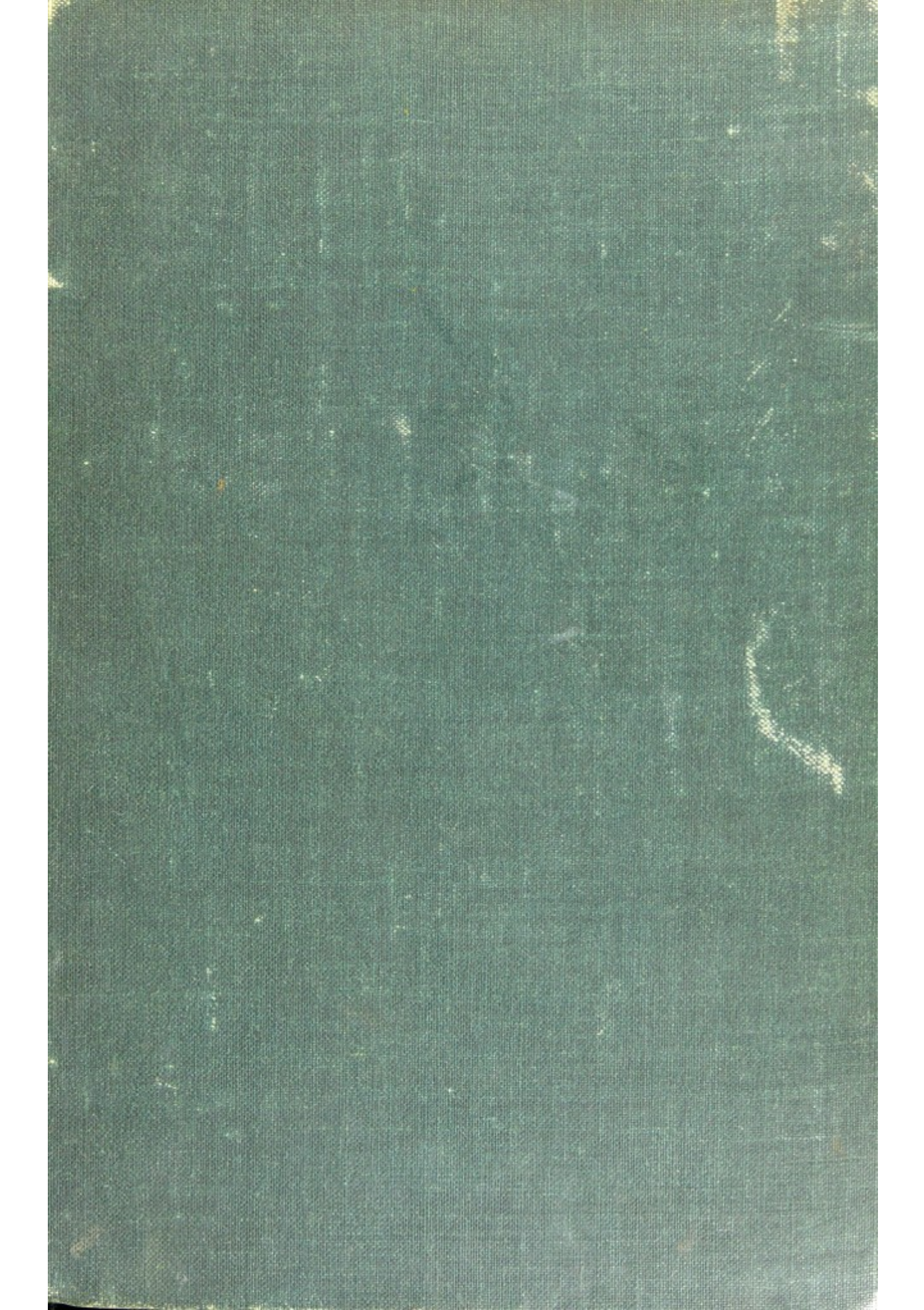
License and attribution

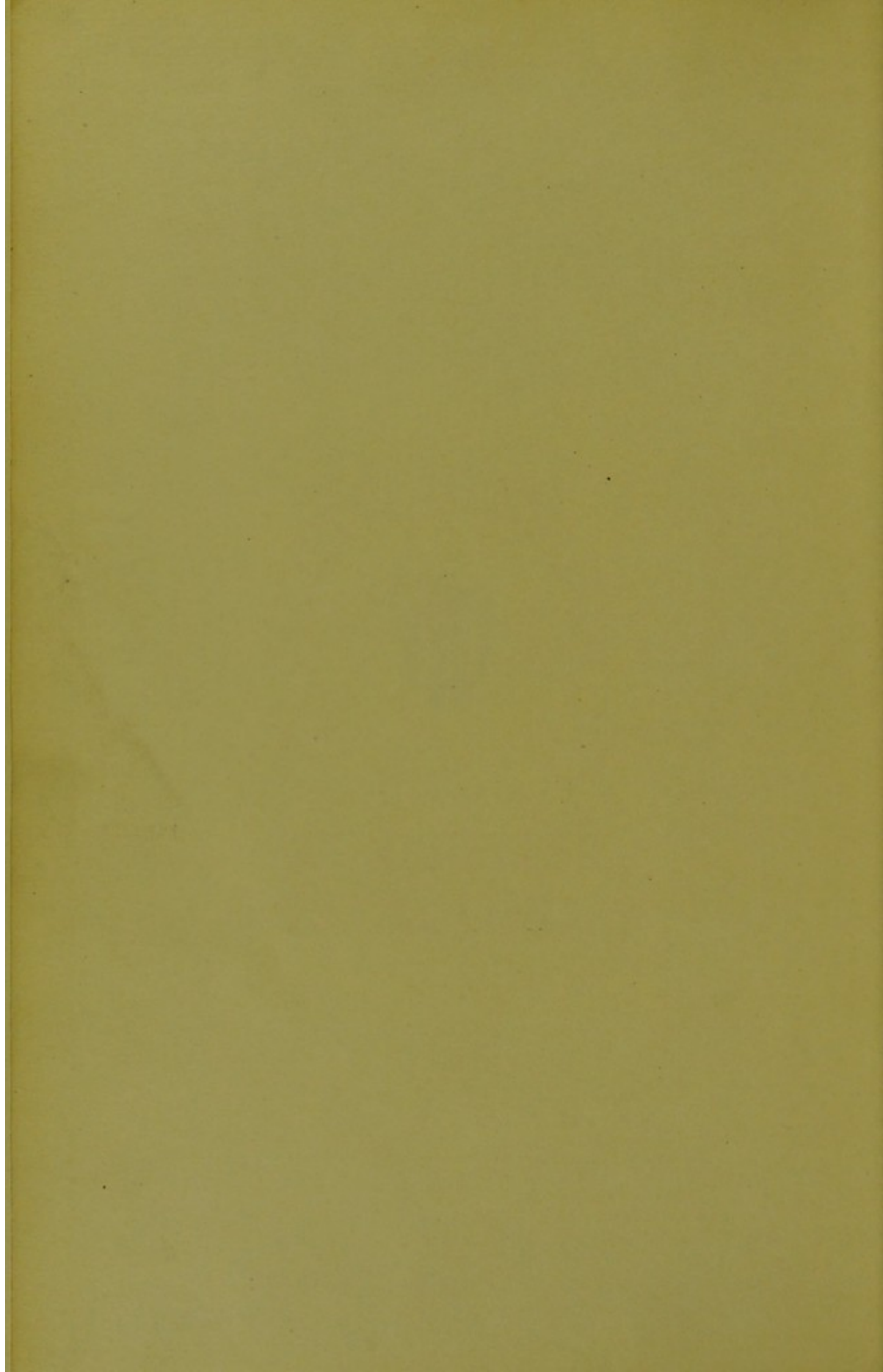
This material has been provided by This material has been provided by UCL Library Services. The original may be consulted at UCL (University College London) where the originals may be consulted.

Conditions of use: it is possible this item is protected by copyright and/or related rights. You are free to use this item in any way that is permitted by the copyright and related rights legislation that applies to your use. For other uses you need to obtain permission from the rights-holder(s).

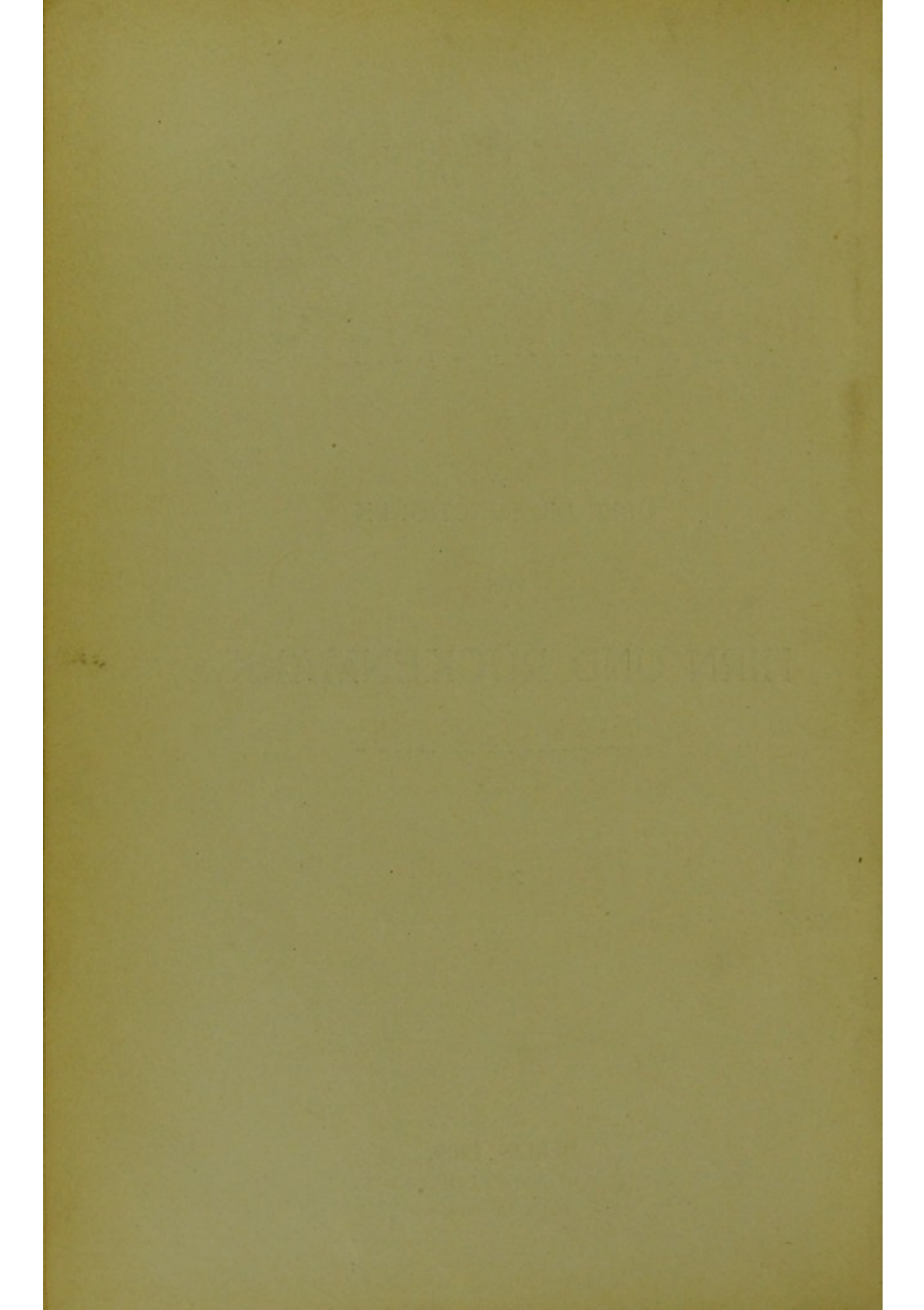


Wellcome Collection
183 Euston Road
London NW1 2BE UK
T +44 (0)20 7611 8722
E library@wellcomecollection.org
<https://wellcomecollection.org>





ÜBER DIE FUNCTIONEN
VON
HIRN UND RÜCKENMARK.



ÜBER DIE FUNCTIONEN
VON
HIRN UND RÜCKENMARK

GESAMMELTE MITTHEILUNGEN

NEUE FOLGE

VON

HERMANN MUNK

ORD. HON.-PROFESSOR A. D. UNIVERSITÄT, MITGLIED D. AKADEMIE D. WISSENSCHAFTEN
ZU BERLIN.

MIT 4 TEXTFIGUREN.

BERLIN, 1909.
VERLAG VON AUGUST HIRSCHWALD.
NW. UNTER DEN LINDEN 68.

NATIONAL HOSPITAL LIBRARY
Not to be taken away

Alle Rechte vorbehalten.

ROOSEVELT MEDICAL LIBRARY INSTITUTE OF NEUROLOGY	
CLASS	HIST. N.
NO.	1274
COURSE	
DATE	

Vorwort.

Mit der Herausgabe der vorliegenden Sammlung komme ich der Aufforderung nach, wie meine älteren Veröffentlichungen über die Grosshirnrinde, so auch meine neueren Veröffentlichungen über das Zentralnervensystem leichter zugänglich zu machen. Die Mitteilungen sind in ihrer zeitlichen Folge unverändert abgedruckt; nur sind die Abhandlungen über die Fühlsphären aneinandergereiht und bei den in der Physiologischen Gesellschaft gehaltenen Vorträgen Zitate hinzugefügt.

Berlin, im Oktober 1908.

Hermann Munk.

1877

1877

1877

1877

1877

1877

1877

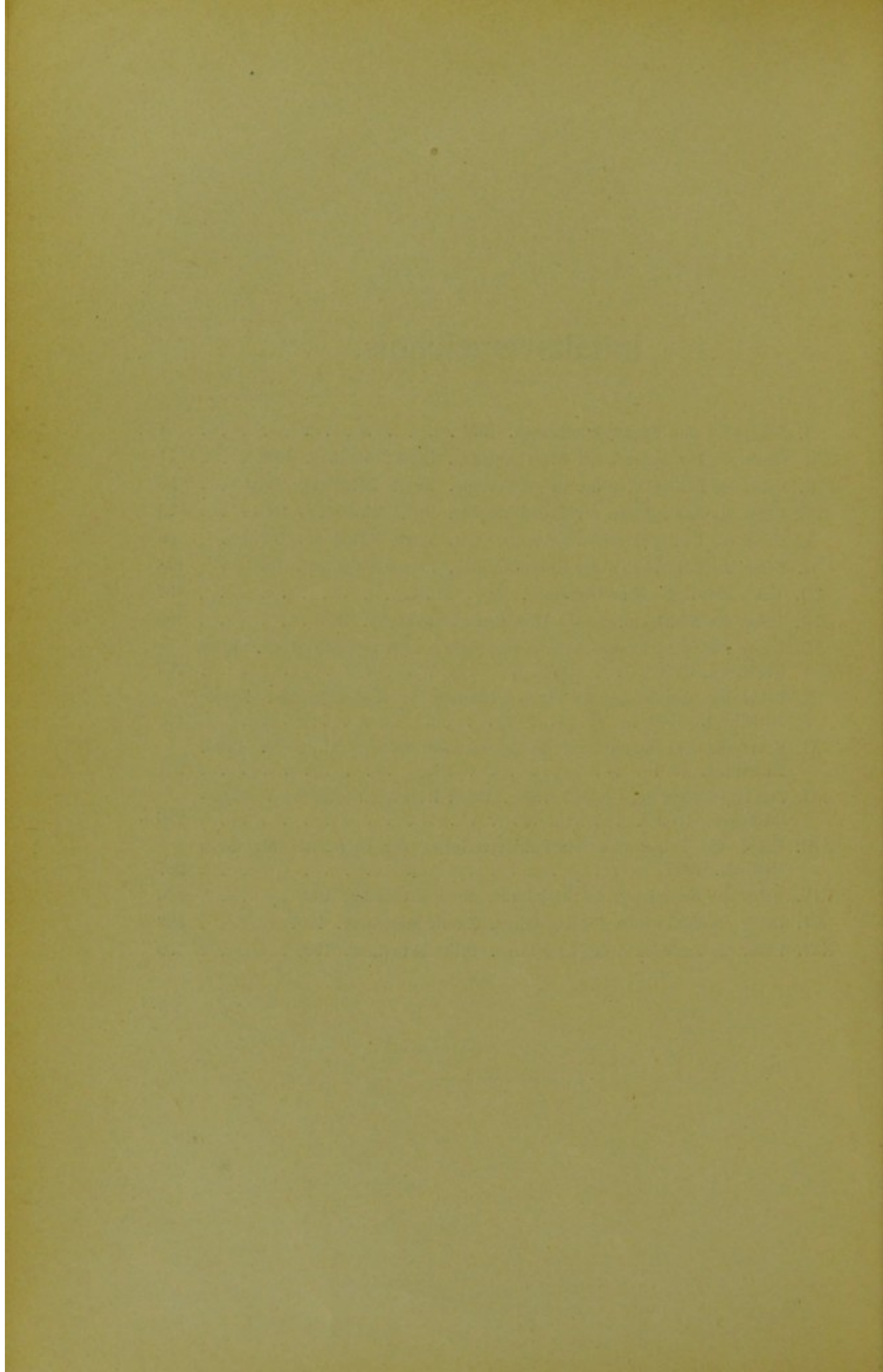
1877

1877

1877

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
I. Sehsphäre und Raumvorstellungen. 1891	1
II. Ueber die Fühlsphären der Grosshirnrinde. Erste Mitteilung. 1892 . . .	11
III. Ueber die Fühlsphären der Grosshirnrinde. Zweite Mitteilung. 1893 . .	56
IV. Ueber die Fühlsphären der Grosshirnrinde. Dritte Mitteilung. 1894 . .	78
V. Ueber die Fühlsphären der Grosshirnrinde. Vierte Mitteilung. 1895. . .	89
VI. Ueber die Fühlsphären der Grosshirnrinde. Fünfte Mitteilung. 1896 . .	108
VII. Ueber den Hund ohne Grosshirn. 1894.	137
VIII. Ueber die Kontrakturen nach Grosshirnerkrankungen. 1895	155
IX. Ueber die Ausdehnung der Sinnessphären in der Grosshirnrinde. Erste Mitteilung. 1899	163
X. Ueber die Ausdehnung der Sinnessphären in der Grosshirnrinde. Zweite Mitteilung. 1900	178
XI. Ueber die Ausdehnung der Sinnessphären in der Grosshirnrinde. Dritte Mitteilung. 1901	201
XII. Zur Physiologie der Grosshirnrinde. Ueber Hitzigs neuerliche Veröffent- lichungen. 1902	236
XIII. Ueber die Folgen des Sensibilitätsverlustes der Extremität für deren Motilität. 1903	247
XIV. Ueber die Funktionen des Kleinhirns. Erste Mitteilung. 1906	286
XV. Ueber die Funktionen des Kleinhirns. Zweite Mitteilung. 1907	323
XVI. Ueber die Funktionen des Kleinhirns. Dritte Mitteilung. 1908	339



I.

Sehsphäre und Raumvorstellungen.

(Internationale Beiträge zur wissenschaftlichen Medizin. Festschrift für Rudolf Virchow. Berlin 1891. I. 357—66.)

Die letzten Jahrzehnte haben uns mit ersten Einblicken beschenkt in das Organ des Bewusstseins, vor welchem bis dahin die physiologische Analyse hatte haltmachen müssen. Zwar die Seelentätigkeiten an sich sind unzugänglich geblieben, die einfachsten Sinnesempfindungen nicht minder als die höchsten Denkvorgänge. Aber wir können die Grosshirnteile aufweisen, an welche gewisse psychische Tätigkeiten gebunden sind, und die materiellen Vorgänge verfolgen, welche dem Zustandekommen derselben zugrunde liegen. In der Richtung ist mit kleinen sicheren Schritten die Schwierigkeit des Gegenstandes weiter zu überwinden, und ein Beitrag dazu soll das Folgende sein.

In den Sehsphären der Grosshirnrinde, der Rinde der Hinterhauptslappen, laufen, wie wir wissen¹⁾, die dem Sehen dienenden Sehnervenfaser in zentrale Elemente oder Nervenzellen aus, und mit der Tätigkeit oder Erregung dieser Zellen, durch die Erregung jener Nervenfaser herbeigeführt, sind die Lichtempfindungen verknüpft, welche die Gesichtswahrnehmungen zusammensetzen. Je mehr von den Zellen vernichtet oder funktionsunfähig wird, desto mehr wird die Gesichtswahrnehmung eingeschränkt; und sind die Zellen alle ausser Funktion gesetzt, so kommt es nicht mehr zur Gesichtswahrnehmung, so ist alle Lichtempfindung aufgehoben, so besteht volle Rindenblindheit. Aber auch noch Nervenzellen anderer Art sind über die ganze Ausdehnung der Sehsphären verbreitet, zentrale Elemente, an welche das Seh-Gedächtnis gebunden ist, und welche im Gegensatze zu den ersteren Wahrnehmungselementen als Vorstellungselemente sich bezeichnen lassen. Ist die Aufmerksamkeit auf die Gesichtswahrnehmung gerichtet, wird nicht bloss

1) S. Herm. Munk, Ueber die Funktionen der Grosshirnrinde. Gesammelte Mitteilungen. Zweite Auflage. Berlin 1890. (In der Folge kurz als „Grosshirnrinde“ zitiert.)

gesehen, sondern angeschaut oder betrachtet, so pflanzt sich die Erregung von den Wahrnehmungselementen auf die mit ihnen verbundenen Vorstellungselemente fort und hinterlässt, während die Wahrnehmungselemente zu ihrem vollen alten Ruhezustande zurückkehren, so dass sie frisch zu weiterer Verwendung bereit sind, in den Vorstellungselementen gewisse andauernde Folgen, gewisse materielle Veränderungen, welche nur äusserst langsam sich abgleichen. Damit bleibt, nachdem mit der Erregung der Vorstellungselemente das Anschauungsbild der Gesichtswahrnehmung erloschen ist, ein potentielles Erinnerungsbild der Gesichtswahrnehmung erhalten, das durch eine neue Erregung derselben Vorstellungselemente zu einem aktuellen wird. Wo eine Erregung von Sehnervenfasern früheren Erregungen gleich oder ähnlich ist, entsteht daher zugleich mit dem Anschauungsbilde der Gesichtswahrnehmung auch ihr Erinnerungsbild, und die Gesichtswahrnehmung erscheint bekannt. Werden aber die bleibend veränderten oder, so zu sagen, mit potentiellen Erinnerungsbildern besetzten Vorstellungselemente vernichtet oder funktionsunfähig, so ist die bisherige Kenntnis des Gesehenen abhanden gekommen, so stellt sich, was gesehen wird, als neu und unbekannt dar, so ist Seelenblindheit eingetreten.

Man kann in Anlehnung an den Bau der Rinde die Wahrnehmungs- und die Vorstellungselemente in verschiedenen Schichten gelegen annehmen: immerhin sind sie so nahe bei einander, dass der Angriff des Experimentators die einen nicht ohne die anderen zu schädigen vermag. Die experimentelle Verfolgung der Wahrnehmungselemente leidet darunter nicht; wohl aber ergeben sich Verwickelungen, soweit es sich um die Vorstellungselemente handelt, weil allein schon verschlechtertes Sehen zum Nichterkennen des Gesehenen führen kann. Nur einem besonderen Umstande ist es daher zu verdanken, dass die Seelenblindheit des Hundes sich experimentell dartun liess, dem Umstande, dass die Gesichtserinnerungsbilder des Hundes, welche der Prüfung im Versuche unterliegen und für die Existenz und die Erhaltung des Tieres von höchster Bedeutung sind, gewissermassen gesammelt an einen engen Rindenbezirk gebunden sind.

Nach der Abtragung gewisser Partien der Rinde der Hinterhauptslappen ist der Hund rindenblind für die Netzhautstellen des direkten Sehens und deren Umgebung, und zugleich erkennt er nicht mehr, so sehr er auch alles sieht, die äusseren Objekte, die ihm vorher wohlbekannt waren; aber mit der Zeit lernt er die Objekte wieder durch das Gesicht erkennen in dem Umfange und der Reihenfolge, in welchen sie sich seinem Sehen darbieten und seine Aufmerksamkeit auf sich ziehen. Nach der Verstümmelung werden also durch die Gesichtswahrnehmungen die früheren potentiellen Erinnerungsbilder nicht mehr aktuell und erst neue

potentielle Erinnerungsbilder hergestellt. Ob die abgetragenen Rindenpartien die bleibend veränderten Vorstellungselemente enthielten, oder ob diese Vorstellungselemente ganz anderswo gelegen waren und nur die neuen schlechteren Gesichtswahrnehmungen die alten Erinnerungsbilder nicht mehr zu entwickeln vermochten, steht darum noch dahin. Doch entscheidet gegen die letztere und für die erstere Möglichkeit, dass die Abtragung keiner anderen Partie der Grosshirnrinde den Verlust des Seh-Gedächtnisses mit sich bringt und durch ähnliche Verstümmelungen an den Schläfenlappen, in welchen die Hörnervenfasern enden, das Hör-Gedächtnis und an den Scheitellappen, in welchen die Fühlervenfasern enden, das Fühl-Gedächtnis entsprechend Schaden nimmt. Natürlich ist aber auf der anderen Seite das Vorhandensein von Vorstellungselementen, welche infolge von Gesichtswahrnehmungen eine bleibende Veränderung erfahren können und damit dem Seh-Gedächtnis dienen können, nicht auf diejenigen Partien der Sehsphären beschränkt, welche den Netzhautstellen des direkten Sehens und deren Umgebung korrespondieren, da ja nach dem Verluste dieser Partien der Hund wieder neue Gesichtserinnerungsbilder gewinnt. Dass solche Vorstellungselemente vielmehr überall in den Sehsphären enthalten sind, lehrt die Erfahrung, dass nach allen ausgedehnteren Abtragungen der Sehsphären, sobald nur irgendwo ein nicht zu kleines Stück einer Sehsphäre unversehrt erhalten blieb, eine Restitution von der Seelenblindheit zustande kommt.

Auch mehr noch festzustellen, ist dem Versuche gelungen, die einseitige wie die partielle Seelenblindheit. Doch schon hinsichtlich der letzteren und vollends darüber hinaus steht eine wesentliche Förderung unserer Einsicht kaum anders als von der pathologischen Erfahrung am Menschen zu erwarten. Denn was der Angriff des Experimentators nicht zu leisten vermag, dass die Vorstellungselemente ohne die Wahrnehmungselemente geschädigt werden, das können Krankheitsprozesse wohl zustande bringen. Und dazu kommt, dass beim Menschen der Forschung noch ein Hilfsmittel dienstbar ist, das beim Tiere anscheinend ganz versagt. Auch von den Assoziationsfasern her kann eine neue Erregung der bleibend veränderten Vorstellungselemente erfolgen und damit das potentielle Erinnerungsbild der früheren Gesichtswahrnehmung aktuell werden: eine mehr oder weniger abgeblasste Gesichtsvorstellung tritt alsdann im Bewusstsein auf. Daher lässt sich am Menschen das Verhalten der Vorstellungselemente ermitteln, ohne dass es neuer Gesichtswahrnehmungen bedarf, ohne jene Abhängigkeit von der Beschaffenheit der Wahrnehmungselemente, die, wo auf das Erkennen von Gesehenem zu prüfen ist, sich störend einmisch.

Durchmustert man die ansehnliche Reihe von Erfahrungen, welche, seitdem die Aufmerksamkeit darauf gelenkt ist, in etwa einem Jahrzehnt

über Seelenblindheit am Menschen gesammelt sind¹⁾, so gewinnt man die Ueberzeugung, dass die Pathologie die Aufgabe lösen wird, welche ihr hier gestellt ist. Aber freilich wird sie dazu langer Zeit bedürfen. Denn jene Durchmusterung führt zugleich von neuem die Ueberlegenheit vor Augen, welche der Versuch gegenüber der Beobachtung besitzt. Abgesehen von den Verwickelungen, welche hinzutreten, sobald Sprache, Schrift u. dgl. Auskunft über die Gesichtsvorstellungen geben sollen, lassen die Erfahrungen vorerst nur erkennen, dass, wie bezüglich der Gesichtswahrnehmungen, so auch bezüglich der Gesichtsvorstellungen die Dinge sich im wesentlichen ebenso beim Menschen wie beim Hunde verhalten. Und wie man für diese niedersten Funktionen der Grosshirnrinde eine solche Uebereinstimmung wohl voraussetzen durfte, so findet es auch in der grösseren Zahl von Erinnerungsbildern, welche der Mensch besitzt, und welche am Menschen der Prüfung zugänglich sind, seine natürliche Erklärung, dass gerade die partielle Seelenblindheit besonders häufig beim Menschen auftritt. Weiter reichend aber bietet sich noch nicht mit Sicherheit eine Erkenntnis dar.

Unter diesen Umständen verdienen noch Versuchsergebnisse Beachtung, welche die bisher gewonnene Einsicht eigenartig stützen. Ich habe dieselben schon vor Jahren kurz anzuführen gehabt, ihre eingehendere Behandlung aber aufgeschoben²⁾.

In wohlbekannten Räumen finden wir uns auch im Finstern oder bei geschlossenen Augen gut zurecht; etwas langsam und vorsichtig, aber immer doch noch frei ausschreitend, gelangen wir dahin, wohin wir wollen, und nehmen z. B. von einer bestimmten Stelle des Tisches oder des Schrankes den Gegenstand, nach welchem wir Verlangen tragen. Uns leiten dabei die uns vorschwebenden Bilder der Räume, die Er-

1) Siehe besonders: Charcot, Progrès médical 1883. No. 29. — Crouigneau, Étude clinique et expérimentale sur la vision mentale. Paris 1884. — Reinhard, Archiv f. Psychiatrie. **17**. 1886. 717; **18**. 240, 449. — Wilbrand, Die Seelenblindheit als Herderscheinung. Wiesbaden 1887. — Nothnagel, Verhandl. d. 6. Kongr. f. inn. Med. Wiesbaden 1887. 113. — Freund, Archiv f. Psych. **20**. 1889. 276. — Lissauer, ebenda. **21**. 1890. 222. — Ueber den von Förster (Gräfes Arch. f. Ophthalmol. **36**, Abt. I. 1890. 94) mitgeteilten Fall sei beiläufig bemerkt, dass dort die Rinde gewiss auch noch anderweitig, als in den Hinterhauptslappen, erkrankt gewesen sein wird. Die Annahme, dass „die Rinde der Occipitallappen die topographischen Vorstellungen beherrscht, seien diese erworben durch den Gesichtssinn oder durch den Tastsinn, oder durch das Bewusstsein von ausgeführten Muskelbewegungen, oder durch Beschreibung“, muss nach allen unseren Kenntnissen von der Grosshirnrinde und im besonderen nach der Folge oben im Texte unzulässig erscheinen. Interessant ist im Gegensatz zu dem Försterschen der von Schweigger mitgeteilte Fall (Arch. f. Augenheilk. **22**. 1890. 337).

2) Grosshirnrinde 84 (1880), 252, 263—267 (1886).

innerungsbilder der früheren Gesichtswahrnehmungen, die Gesichtsvorstellungen. Wo solche uns fehlen, auf ganz unbekanntem Terrain sind wir auf stetes Tasten mit Händen und Füßen angewiesen, wenn wir uns fortbewegen sollen; und erst wenn wir tastend oder sonstwie gewisse Merkzeichen gewonnen haben, vermögen wir auf grund der Kenntniss, welche wir im allgemeinen von Fluren, Treppen, Zimmern, Gärten usw. besitzen, mit Hülfe wiederum von Gesichtsvorstellungen leichter und zweckentsprechend uns fortzuhelfen. Ebenso, müssen wir schliessen, kommen unter gleichen Umständen den uns nahestehenden Tieren die Gesichtsvorstellungen zu Hülfe. Denn auch die Tiere finden sich bei völliger Finsternis, wie hundertfältige Erfahrung lehrt, in bekannten Räumen gut zurecht: der in stockfinsterer Nacht mit dem Herrn heimkehrende Hund ist noch vor dem Herrn an der Stubentür; auf ein Geräusch draussen springt der Hund von seinem Lager gegen die Tür, und ohne alles Suchen kehrt er zu seinem Lager zurück u. dgl. m. Und noch genauer können wir das dem Menschen gleiche Verhalten verfolgen, wenn wir den Tieren die Augen verschliessen oder extirpieren. Hat sich die Narkose verloren, in welcher die Blendung erfolgte, so geht der Hund frei in dem ihm wohlbekannten Zimmer umher; hurtig steigt er auf den Lockruf aus dem Korbe oder der Kiste, die ihm als Lager dient, und geht zum Futterplatze; hurtig kehrt er auf den gewohnten Befehl zum Lager zurück. Man sieht ihn wohl tasten, wenn er zum ersten Male das Lager verlässt und während er die ersten Schritte auf dem Fussboden macht; aber in der Folge findet er ohne Tasten seinen Weg, und nur ausnahmsweise sieht man ihn später noch zeitweilig die Vorderbeine tastend vorschieben, dann nämlich, wenn er an ein Hindernis gestossen war. Auch in einen ihm unbekannten Raum, ein anderes Zimmer oder die Hausflur, gebracht, geht der geblendete Hund nach den ersten tastenden Schritten ungeniert, nur vorsichtig, aber doch so wenig vorsichtig, dass er, wo er an eine abwärts führende Treppe gerät, leicht abstürzt. Hat man den Hund an der Treppe vor dem Fallen behütet oder hat der Hund selbst bemerkt, dass er den Boden unter dem Fusse verlor, und den Fuss zurückgezogen, so begeht der Hund zunächst freiwillig die Treppe nicht; aber man braucht ihn nur einmal mit der Hand die Treppe abwärts und aufwärts zu führen, dann steigt er von selber ab und auf, höchstens dass noch einmal ein Locken nötig ist: vorsichtig geht er von Stufe zu Stufe, nie die Vorderbeine vorschiebend, ehe die Hinterbeine auf dieselbe Stufe gebracht sind, aber ohne jede einzelne Stufe abzutasten. Auf den Stuhl oder den Tisch gesetzt, springt der Hund freiwillig oder auf den Ruf herab, zuerst vielleicht nicht ganz geschickt, dann aber wie ein normaler Hund. So zeigt sich hier alles in den nächsten Tagen nach der Blendung: es ist dasselbe Verhalten, das

ein Hund mit verbundenen Augen darbietet, wenn er sich über den Verband beruhigt oder gar an ihn gewöhnt hat. Wenige Wochen später sieht man den geblendeten Hund auf bekanntem Terrain so laufen und springen, dass man ohne Kenntniss von der Verstümmelung nicht einmal eine kleinere Sehstörung vermuten würde, wenn nicht doch gelegentlich Ungeschicktheiten, Hindernissen gegenüber, sich bemerklich machten.

Anders aber stellt sich das Verhalten des Hundes dar, der durch den Verlust beider Sehsphären blind geworden ist. Durch die wochen- und monatelange Aufbewahrung und Untersuchung nach der Exstirpation der einen Sehsphäre sind ihm die Räume wohlbekannt gewesen, als die zweite Sehsphäre exstirpiert wurde. Hat die Narkose sich verloren, so ist er mindestens drei Tage ohne Nahrung geblieben; aber so hungrig und durstig er auch ist, er liegt oder sitzt oder steht im Käfig oder im Zimmer und rührt sich nicht von der Stelle. Wie die Bewegungen seiner Ohren zeigen, merkt er auf alles, was um ihn herum sich begibt; aber während er früher willig dem ersten Rufe folgte, bringt ihn jetzt selbst intensives Locken nicht vom Platze; er dreht den Kopf, er wedelt mit dem Schwanze, aber er rührt kein Bein. Man muss ihn prügeln oder besser ihm Fleisch vor die Nase halten, dass er endlich sich in Gang setzt. Mit gesenktem Rumpfe und weit vorgestrecktem Kopfe, die Schnauze am Boden, bewegt er äusserst langsam ein Bein nach dem anderen, besonders vorsichtig und zögernd mit den Vorderbeinen tastend, und macht so einige ganz kleine Schritte geradeaus oder im Bogen rechtsum oder linksum, dann bleibt er stehen und setzt oder legt sich wieder hin. Ueber einige solche Gehbewegungen kommt es in den ersten Tagen nicht hinaus; später werden die Wege etwas länger, am ehesten, wenn man den Hund, nachdem er gehungert hat, Fleischstücke suchen lässt, die man vor ihm auf den Boden wirft. Dann geht der Hund am Ende der ersten oder zu Anfang der zweiten Woche auch schon hin und wieder freiwillig einige Schritte, um schnüffeld nachzusuchen; und mit der Zeit geht er immer öfter und mehr, schliesslich auch ohne zu schnüffeln und zu suchen, bis er etwa zu Ende der dritten Woche schon ziemlich lange und weite Wege durch das Zimmer macht. Doch kreuz und quer gehen diese Wege, vorwärts, rechtsum, rückwärts, linksum, anscheinend ohne Zweck und Ziel. Das ändert sich erst ganz allmählich in den folgenden Wochen. Nun gibt der Hund die anfängliche Gangart, die er soweit beibehalten hatte, mehr und mehr auf: er geht immer weniger langsam, er hält den Rumpf weniger gesenkt, er trägt den Kopf höher, er schiebt weniger weit und weniger zögernd die Vorderbeine vor. Zugleich vermeidet er immer besser die ständigen Hindernisse im Zimmer, die Wände, die Schränke, die Tische, an die er bisher anstiess, und immer seltener wechselt er die Richtung beim Gehen. Sind drei bis

vier Monate verflossen, so geht der Hund zwar immer noch langsam und vorsichtig, aber doch im übrigen wie ein normaler Hund im Zimmer umher.

Versetzt man den Hund in einen anderen Raum, so rührt er sich, auch wenn Wochen und Monate seit der letzten Operation vergangen sind, zunächst wieder nicht von der Stelle; und wieder macht er erst allmählich die Fortschritte, die wir vorhin kennen lernten, die jetzt nur etwas rascher als das erste Mal sich entwickeln. Terrainschwierigkeiten, auf die er stösst, bringen ihm, sich selbst überlassen, nicht Gefahr: er zieht den vorsichtig vorgestreckten Fuss zurück und macht halt oder kehrt um. Nie sucht er die Schwierigkeiten freiwillig zu überwinden, nie passiert er von freien Stücken eine Stufe oder Treppe, selbst wenn man ihn vorher noch so oft mit der Hand ab- und aufwärts geführt hatte. Nur auf sehr intensives Locken oder wenn ihn der Hunger den vorgehaltenen und fortgezogenen Fleischstücken zu folgen treibt, geht er äusserst zögernd und vorsichtig die Stufen, immer aber auch erst dann, nachdem er lange und sorgfältig mit der Schnauze den Boden rekognosziert hat, auf den er treten soll. Hat er nicht die nächste Stufe mit der Schnauze abgereicht, so setzt oder legt er sich hin und ist durch nichts zum Vorgehen zu bewegen. So bleibt er auch stundenlang auf dem Tische oder Stuhle, auf den man ihn gesetzt hat, obschon er unverkennbar das grösste Verlangen hat, herunterzukommen: immer wieder tritt er hier oder dort an den Rand, senkt den Kopf so tief als möglich hinab, ja nimmt manchmal sogar noch ein Vorderbein zu Hülfe, um noch weiter abwärts nachzufühlen; aber verliert er dabei nicht, wie es wohl einmal geschieht¹⁾, das Gleichgewicht, so dass er kopfüber herunterstürzt, so zieht er Kopf und Bein wieder zurück. Auch wenn der Hund ein Jahr und mehr die letzte Operation überlebt, ändert sich nichts und kommt es zum Springen so wenig wie zum Laufen.

Man beobachtet das geschilderte Verhalten gleichmässig bei allen Hunden, deren Sehsphären vollkommen extirpiert sind, deren Grosshirnrinde aber im übrigen unversehrt geblieben ist, so dass, soweit nicht der Gesichtssinn in Frage kommt, Sinne, Bewegungen und Intelligenz durchaus normal sind. Auch findet man es regelmässig wieder, wo die Exstirpationen nicht vollkommen geglückt, aber doch bloss kleine Randstücke der Sehsphären zurückgelassen sind; nur dass dann die Gehbewegungen, in der ersten Zeit immer und später mit Vorliebe, die

1) Auf dieselbe Weise ist mir auch ein Hund die Treppe heruntergefallen. Die Tiere gehen nach solchem Unfalle in der Regel durch Hirnblutung oder -Entzündung zugrunde; wenn nicht, sind sie so ängstlich geworden, dass sie nur noch auf bekanntem und ebenem Terrain sich bewegen.

Richtung dorthin nehmen, wohin die Lichtempfindungen, welche mittels des Sehsphärenrestes zustande kommen, nach aussen gesetzt werden. Erst wenn bei grösseren Sehsphärenresten das Sehen soweit reicht, dass Hindernisse vermieden werden, kommen fremde Züge in das Bild. Aber die Tiere, welchen das Sehen noch eine Hülfe zu gewähren vermag, gehören eben nicht in den Rahmen unserer Betrachtungen, gerade wie die Tiere, welche zugleich noch an ihrer Bewegungsfähigkeit oder am Hören, Fühlen usw. Schaden genommen haben.

Dasselbe Verhalten, wie der der Sehsphären beraubte Hund, zeigt auch der Affe, dem beide Sehsphären extirpiert oder beide Hinterhauptslappen abgetragen sind: ein so gleiches Verhalten, dass mit den selbstverständlichen, durch die Eigenart des Affen bedingten, sonst unwesentlichen Aenderungen unsere Schilderung auch für den Affen genau zutrifft. Dem Gehen des Hundes entsprechen Gehen und Klettern des Affen. Zum Laufen und zum Springen habe ich es auch beim Affen in Jahresfrist nicht kommen sehen. Die Schwerbeweglichkeit in der ersten Periode fällt natürlich beim Affen noch mehr auf, als beim Hunde, und ist auch schon vor 13 Jahren, als ich ihre Bedeutung noch nicht zu übersehen vermochte, sogleich nach meinen ersten Versuchen von mir hervorgehoben worden¹⁾.

Die Tiere, welche durch die Exstirpation der Sehsphären rindenblind gemacht sind, bieten also gegenüber den Tieren mit unversehrtem Hirn, welche infolge völliger Finsternis oder durch den Verschluss oder die Entfernung der Augen am Sehen gehindert sind, konstante Unterschiede bezüglich der Orientierung im Raume dar. Während die letzteren Tiere in bekannten Räumen ohne weiteres sich gut zurechtzufinden vermögen und auch in unbekannten Räumen rasch sich orientieren, müssen die rindenblind gemachten Tiere unter allen Umständen, selbst in dem vorher bestbekannten Raume erst mühsam die Orientierung suchen und bedürfen, dieselbe zu gewinnen, einer langen Zeit. Sind es nun, wie sich oben ergab, die Gesichts-Erinnerungsbilder, die Gesichtsvorstellungen der Räume, welche die Tiere mit unversehrtem Hirn, sobald sie nicht mehr sehen können, bei ihren Bewegungen leiten, so müssen solche Gesichtsvorstellungen den rindenblind gemachten Tieren fehlen: sie müssen unbedingt an die Sehsphären gebunden gewesen und durch deren Exstirpation noch ausser der Gesichtswahrnehmung den Tieren entzogen worden sein.

Wir erfahren damit insofern nichts Neues, als schon der Seelenblindheitsversuch uns gelehrt hat, dass die Sehsphären, der Ort der Gesichtswahrnehmungen, zugleich auch der Sitz der Gesichts-Erinnerungs-

1) Grosshirnrinde 29—30.

bilder sind. Aber dass wir hierfür nunmehr einen neuen, vom Seelenblindheitsversuche ganz unabhängigen Beweis erlangt haben, ist für die Sicherheit unserer Einsicht von unverkennbarem Werte. Uebrigens ergänzen einander die beiden Beweise, da das Abhandenkommen der potentiellen Gesichts-Erinnerungsbilder bei dem Seelenblindheitsversuche daraus sich ergibt, dass die Bilder nicht mehr auf dem Wege der Sehnervenfasern, und bei der Sehsphären-Exstirpation daraus, dass sie nicht mehr auf dem Wege der Assoziationsfasern aktuell werden. Besonders interessant macht noch den neuen Beweis, dass sich zeigt, wie unter Umständen doch auch beim Tiere über Vorstellungen, welche auf dem Wege der Assoziation entstehen, zuverlässige Auskunft sich gewinnen lässt.

Befremden könnte nur auf den ersten Blick, dass, obwohl zwei Sinne, der Gesichtssinn und der Gefühlssinn, der Orientierung im Raume dienen, das Tier doch mit dem Verluste der Sehsphären allein die Orientierung verliert. Aber so sehr auch jene beiden Sinne in früher Zeit bei der psychischen Entwicklung zusammenwirken, so wird doch später nach den Erfahrungen, welche wir an uns und den erwachsenen Tieren machen, der Gefühlssinn gemeinhin nicht für die Orientierung benutzt oder nur soweit, als er zur unmittelbaren Unterstützung des Gesichtssinnes berufen ist. Höchstens die Bewegungen und die Empfindungen der Augen kommen uns in der Norm zu Hülfe; und für die grobe Orientierung bedarf es deren nicht einmal: sind wir ja mit dem Momente, dass wir die Augen aufschlagen oder dass der Blitz die Finsternis erhellt, in der Landschaft wie im Zimmer orientiert. Daher ist es sehr wohl verständlich, dass unter normalen Verhältnissen bloss räumliche Gesichtsvorstellungen bestehen. Erst wenn der Gesichtssinn versagt, tritt der Gefühlssinn in vollem Umfange ein, und dann müssen räumliche Gefühlsvorstellungen sich bilden.

Die neue Orientierung nach der Sehsphären-Exstirpation, die Orientierung durch den Gefühlssinn erfordert, wie die Versuche zeigen, immer eine lange Zeit. Man sieht dieselbe nur bei den intelligenteren Tieren, d. h. denjenigen Hunden bzw. Affen, welche schon im unversehrten Zustande als im allgemeinen besser psychisch veranlagt oder ausgebildet sich erwiesen hatten, etwas rascher und etwas vollkommener sich herstellen, als bei den weniger intelligenten Tieren. Einen hervorragend klugen Hund habe ich im vierten Monate dahin kommen sehen, dass er, wenn er Hunger hatte, an der Stelle sich einfand, an welcher er sein Futter zu erhalten gewohnt war, und danach gesättigt geradesweges wieder zu seinem Lagerplatze am Ofen zurückkehrte; derselbe Hund erreichte auch den Rufenden gut, wenn man ihn nur durch wiederholtes Rufen unterstützte. Aber selbst dieser Hund lief nie. Ich hebe das

hervor, weil das Nichtlaufen alle meine der Sehsphären beraubten Affen und Hunde von den Hunden und Kaninchen unterschied, welche ich bald nach der Geburt geblendet hatte; denn die letzteren Tiere habe ich nach mehreren Monaten im Zimmer oder im Garten, in welchem sie aufbewahrt wurden, gelegentlich auch laufen sehen¹⁾. Man könnte daran denken, dass, wo schon von frühester Zeit her die Orientierung ausschliesslich auf den Gefühlssinn angewiesen ist, die räumlichen Gefühlsvorstellungen sich besser ausbilden, als wo der Gefühlssinn erst in höherem Alter für die Orientierung in Anspruch genommen wird. Indes ist zu beachten, dass die beiderlei Tiere doch nicht unter ganz gleichen Bedingungen gehalten wurden: meine früh geblendeten Tiere verblieben für die ganze Zeit in dem grossen Aufbewahrungsraume, während die sehsphärenlosen Tiere — ein zu empfindliches Material, als dass man es nicht möglichst vor Gefahren hätte behüten müssen — in der Regel bloss etwa täglich für Stunden zum Zwecke der Beobachtung ausserhalb ihrer Käfige verweilten.

1) Vgl. die interessanten Beobachtungen, welche v. Monakow an einem früh geblendeten Hunde gemacht hat: Arch. f. Psychiatrie. 20. 1889. S. 764.

II.

Ueber die Fühlsphären der Grosshirnrinde.

Erste Mitteilung.

(Sitzungsberichte der Berliner Akademie der Wissenschaften 1892. 679—723.)

1.

Nachdem ich in der Rinde des Hinterhauptslappens die Sehsphäre und in der Rinde des Schläfenlappens die Hörsphäre erkannt hatte, liess mich die weitere Untersuchung vor 14 Jahren die Rinde des Scheitellappens als eine dritte Sinnessphäre, als die Fühlsphäre ansprechen. Im Bereiche dieser Rinde hatte man durch elektrische Reizungen Bewegungen von Körperteilen, durch Exstirpationen Störungen in den natürlichen Bewegungen derselben Körperteile herbeigeführt; und daraufhin hatten die Meisten motorische oder psychomotorische Funktionen der Rindenpartie zugeschrieben. Andere jedoch hatten solche motorische Funktionen der Rindenpartie in Abrede gestellt und in jenen Bewegungsstörungen nichts anderes als den Ausdruck von Störungen der Hautsensibilität oder des Muskelsinnes gesehen. Die widersprechenden Anschauungen konnte meine Untersuchung versöhnen, indem sie für die Rindenpartie Funktionen nachwies, welche im hergebrachten Sinne zum Teil motorischer, zum Teil sensibler Art waren. Mittels der Analyse einerseits der Wahrnehmungen und Vorstellungen des Gefühlssinnes, andererseits der Störungen, welche infolge der Exstirpationen zur Beobachtung kommen, legte ich dar, dass, wie die Rinde im Hinterhauptslappen zum Gesichtsinne und im Schläfenlappen zum Gehörssinne, gerade so sie im Scheitellappen in Beziehung zum Gefühlssinne steht, indem in der Rinde des Scheitellappens die spezifischen Empfindungen, Wahrnehmungen und Vorstellungen des Gefühlssinnes zustande kommen und die zugehörigen potentiellen Erinnerungsbilder ihren Sitz haben¹⁾.

Der Natur der Sache nach konnte, was ich damals gab, nur ein erster Abriss von der Fühlsphäre sein, welchen weitere Untersuchungen

1) Grosshirnrinde 3—4, 32—58.

zu vervollkommen, zu verbessern und auszuführen hatten. Doch dazu war die Folgezeit nicht angetan, in welcher man noch darum stritt, ob den verschiedenen Abschnitten der Grosshirnrinde überhaupt verschiedene Funktionen zukommen, die verschiedenen Sinne an verschiedene Rindenpartien gebunden sind. Ja, indem man in dem mehr als leidenschaftlichen Kampfe, welcher dagegen geführt wurde, Gefühlssinn und Gemeingefühle durcheinanderwarf, Bewegungsstörungen mit Muskellähmungen verwechselte, hier die motorische und dort die sensible Seite der Fühlsphäre vernachlässigte, endlich auch gewisse Erscheinungen der Restitution, deren Aufhellung durch den Versuch noch nicht unternommen war, zu unüberwindlichen Widersprüchen aufbauschte, ging unter der angerichteten Verwirrung sogar zugleich alles Licht verloren, das bis dahin auf den Scheitellappen gefallen war. Trotz den überaus zahlreichen Veröffentlichungen über den Scheitellappen kommt deshalb über gewisse vereinzelte Tatsachen, besonders die Reizerfolge betreffend, der sichere und anerkannte Erwerb zur Zeit nicht hinaus; und selbst ein erster zuverlässiger Einblick in die Leistungen der Scheitellappenrinde kann nicht gewonnen scheinen, wo noch die Grundlagen für jedes Urtheil dermassen in Frage stehen.

Ist die Rinde im Bereiche des Scheitellappens exstirpirt oder ähnlich verletzt, so besteht nach Hrn. Schiff¹⁾ Verlust des Tast- und Berührungsgefühles der Haut ohne wahre motorische Lähmung. Die Sensibilitätsstörung, die taktile Anästhesie, ist die einzige direkte Folge der Verletzung, von welcher alle anderen sekundär abhängen; Störungen in der Bewegung können unter Umständen lange fehlen. Nicht für einen einzigen Muskel oder eine einzige Muskelgruppe ist durch die Exstirpation die cerebrale Bewegung gelähmt, ebensowenig sind die Bewegungen geschwächt; Paralyse oder Parese ist nirgends vorhanden. Gerade umgekehrt ist nach Hrn. Ferrier²⁾ die taktile Empfindlichkeit in keiner Weise geschädigt, besteht keinerlei Anästhesie; sondern Lähmung (Paralyse) der willkürlichen Bewegung ohne Beeinträchtigung der Empfindung ist die Folge der Verletzung, rein motorisch ist die Affektion.

Nicht minder scharf stellen sich die Gegensätze in anderer Richtung dar. Man hat, seitdem Hr. Nothnagel³⁾ es zuerst bemerkte, vielfach die Folgen der Verletzung sich wieder ausgleichen lassen, mehr oder weniger weit, in kürzerer oder längerer Zeit, und man hat auch nach

1) Arch. f. exper. Pathologie, 3. 1875. 176—8; Pflügers Arch. 30. 1883. 215—9, 223, 229, 263. — Ich behalte überall, wo ich die Angaben anderer Autoren zu erwähnen habe, soweit es nur angeht, den Wortlaut bei.

2) Functions of the Brain, 2. edition, London 1886. 358, 362, 377, 378.

3) Virchows Archiv. 57. 1873. 184.

dem Ersatze für die vernichtete Rindenpartie gesucht. Dem entgegen leugnet Hr. Schiff¹⁾ jede Wiederherstellung der Funktionen; bloss eine Besserung der Symptome soll erfolgen, indem das Tier sich an die bleibenden Störungen durch kompensatorische Bewegungen akkommodiert, aber die wirklichen und wesentlichen Folgen der Exstirpation sollen niemals sich zurückbilden. Ebenso ist nach Hrn. Ferrier²⁾ die Paralyse permanent; nur scheinbar komme es beim Hunde zur Restitution, da die wesentlich kortikalen Bewegungen nie wiederkehren.

Und noch in einer dritten Richtung stossen wir auf schroffe Widersprüche. In weiterer Ausführung einer Beobachtung, welche die HH. Fritsch und Hitzig bei ihren ersten Versuchen gemacht hatten³⁾, lässt Hr. Ferrier⁴⁾ die Paralyse infolge der Verletzung einer Rindenstelle überall diejenigen Bewegungen und nur die Bewegungen betreffen, welche durch elektrische Reizung von derselben Rindenstelle aus oder, wie Hr. Ferrier sagt, durch Reizung des motorischen Zentrums, welches der Sitz der Läsion ist, herbeigeführt werden. Dem ist jedoch nicht so nach Hrn. Schiff⁵⁾, da man auch nicht excitable Stücke in der Nachbarschaft der excitablen Zone ausschneiden und in betreff der Bewegungen den Erfolg der Lähmung der vermeintlichen Rindenzentra erhalten könne. Vollends hält Hr. Goltz⁶⁾ die Annahme kleiner umschriebener Zentren noch neuerdings für widersinniger als je, wenn er auch die funktionelle Ungleichwertigkeit einzelner Lappen des Grosshirns nicht mehr bestreitet.

Aus diesen Gegensätzen und Widersprüchen, die noch dazu mannigfache Verwickelungen unter einander bieten, finde ich also vor allem die Wahrheit herauszuschälen, indem ich jetzt auf die Scheitellappen-Rinde zurückkomme. Ich halte unsere Kenntnis der Sehsphäre und der Hörsphäre im wesentlichen nunmehr für genügend gesichert nicht bloss durch die experimentellen, sondern auch durch die übereinstimmenden klinischen Erfahrungen, um wieder an die verwickeltere Fühlsphäre herantreten zu dürfen, für deren richtige Auffassung jene Kenntnis mit zu Hülfe kommt. Ich will versuchen, die Grundzüge der Fühlsphäre soweit festzulegen, dass in der Folge auch die Untersuchung dieser Sinnessphäre in geordnetem Fortschritte zu tieferer Einsicht führen kann. Doch werde ich weder an meine eigenen älteren Mitteilungen über die Fühlsphäre, noch an andere Veröffentlichungen unmittelbar anknüpfen, um die Darlegung möglichst kurz und durchsichtig gestalten zu können. Ich darf von ge-

1) Pflügers Arch. 30. 1883. 216, 227, 229, 241, 273.

2) Functions etc. (2) 354, 357, 364, 368—73.

3) Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1870. 331.

4) Functions etc. (2) 357, 354.

5) Pflügers Arch. 30. 1883. 228—9, 235, 239—40.

6) Ebenda 42. 1888. 433.

schichtlichen Ausführungen um so eher absehen, als erst jüngst eine vollständige Uebersicht über das Gebiet von Herrn Soury¹⁾ gegeben worden ist.

Bezüglich meiner Exstirpationsversuche, von welchen im folgenden die Rede ist, sei im allgemeinen bemerkt, dass die Operationen an Affen unter Aethernarkose, an Hunden unter kombinierter Morphinum-Aethernarkose ausgeführt, die Abtragungen mit dem Messer gemacht, die Heilungen in 8—12 Tagen per primam erfolgt und die Tiere bis zum Tode gesund geblieben sind. Ort und Umfang der Exstirpation sind überall durch die Sektion festgestellt, der Ort nach den Furchen und Windungen bestimmt, der Umfang nach der gelb erweichten, noch nicht 1 mm dicken Grenzschrift, welche die zu einer derben fibrösen Masse verwachsenen weichen Bedeckungen der Exstirpationsstelle mit der unversehrten erhaltenen Hirnsubstanz verband. Natürlich sind mir auch solche Versuche vorgekommen, bei welchen durch Quetschung, Blutung, Entzündung u. dergl. m. die Nachbarschaft der Exstirpationsstelle geschädigt war; aber alle diese Versuche sind als missglückte grundsätzlich ausser Acht geblieben, wo nicht besondere Angaben gemacht sind²⁾.

2.

Wird im Bereiche des Abschnittes der Grosshirnrinde, welcher vom Sulcus calloso-marginalis über die Konvexität der Hemisphäre bis zur Basis, beim Hunde etwa in der Breite des Gyrus sigmoideus, beim Affen zwischen dem Sulcus praecentralis einerseits und dem Sulcus intraparietalis und der Fissura Sylvii andererseits sich erstreckt, ein Stück Rinde exstirpiert, in verschiedenen Versuchen an verschiedenen Stellen, so sieht man bei Hund wie Affen Störungen in den Bewegungen an Kopf, Hals, Arm und Bein der gegenseitigen Körperhälfte folgen. Desto auffälliger sind die Störungen, je grösser die Exstirpation war, und desto häufiger betreffen sie zwei, ja hin und wieder sogar drei jener Körperteile zugleich; aber schon nach einer Exstirpation von 5 mm Länge und Breite sind

1) Les fonctions du cerveau. Paris 1891.

2) Gerade so habe ich es auch bei meinen früheren Mitteilungen gehalten und wenn auch nur nach den ausgedehntesten und schwierigsten Operationen eine leichte, oberflächliche Hauteiterung bei Versuchen, die zur Verwendung kamen, sich nicht hatte ausschliessen lassen, es regelmässig angegeben. Aber dass ich letzteres tat und dass ich wiederholt die lehrreichen Erscheinungen beschrieb, welche sich zeigen, wenn Entzündungen während oder lange nach der Verheilung der Wunde von der Exstirpationsstelle aus um sich greifen (siehe z. B. Grosshirnrinde. 18 (1877) und vergl. Goltz, Pflügers Arch. 42. 1888. 429—30), ist, wo man meine Erfolge nicht erzielen konnte, mehrfach benutzt worden, um meine Versuche als unrein, ungenau u. dergl. m. anzugeben. Dem für die Folge möglichst vorzubeugen, habe ich hier die Bemerkungen im Texte an die Spitze gestellt.

die Störungen bemerklich, die dann in der Regel auf einen einzelnen der genannten Körperteile sich beschränken. Stets schwächen sich die Störungen mit der Zeit ab; wo mehrere Körperteile zugleich betroffen waren, sind sie oft schon nach wenigen Tagen an dem einen oder dem anderen Körperteile nicht mehr aufzufinden.

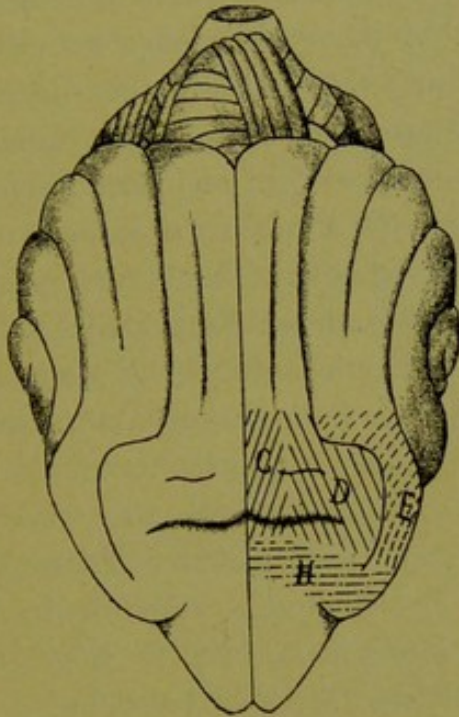


Fig. 1.



Fig. 2.

C = Bein
D = Arm
H = Hals
E = Kopf

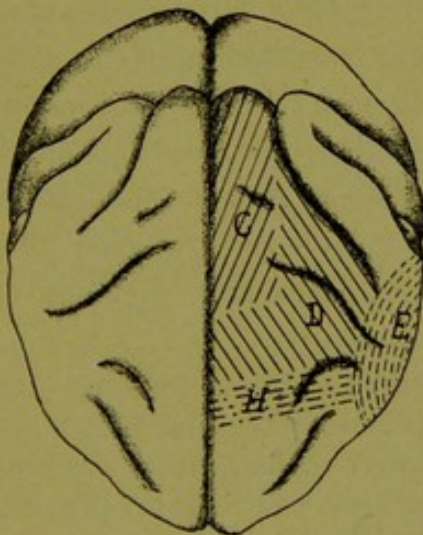


Fig. 3.

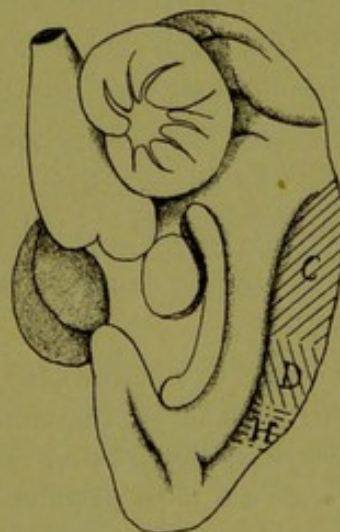


Fig. 4.

Doch nicht regellos bald an diesem, bald an jenem Körperteile treten die Störungen in den Bewegungen auf; sondern von entscheidender Bedeutung erscheint nach den Versuchen, ob die Exstirpation weiter vorn oder weiter hinten, mehr medial oder mehr lateral in unserem Rindenabschnitte ausgeführt ist. Systematische Versuchsreihen, bei welchen wir

mit Exstirpationen von 5—10 mm Länge und Breite möglichst von Stelle zu Stelle fortschreitend den Rindenabschnitt durchmessen, stellen dann die Abhängigkeit vom Orte der Verletzung noch schärfer heraus. Beachten wir bei diesen Versuchsreihen, welche Körperteile frei von Störungen, welche von vorneherein oder nach wenigen Tagen allein geschädigt erscheinen, so finden wir an unserem Rindenabschnitte vier Regionen zu unterscheiden, wie sie die Figg. 1—4 in verschiedener Schraffierung zeigen. Wir können dieselben als Kopfreion *E*, Hals-(Nacken-)Region *H*, Armregion *D* und Beinregion *C* bezeichnen, indem wir den Namen der Region jedesmal den Körperteil angeben lassen, an welchem immer und ausnahmslos Störungen auftreten, wenn eine Rindenexstirpation von den angegebenen Dimensionen die Region betroffen hat. Nicht ausgeschlossen ist dabei, dass zugleich auch an einem anderen Körperteile sich Störungen zeigen. So bringt z. B. eine Exstirpation in *D* immer Störungen am Arme mit sich; aber daneben können noch Störungen am Kopfe oder am Halse oder am Beine folgen. Die letzteren Störungen stellen sich manchmal ein, wenn die Exstirpation die Grenze von *E* oder *H* oder *C* erreicht, doch sind sie dann nur in den ersten Tagen zu bemerken. Oefter kommt dasselbe zur Beobachtung, wenn die Exstirpation die Grenze der Nachbarregion ein wenig überschreitet. Sonst zeigen sich, wo eine Exstirpation zwei benachbarte Regionen betroffen hat, die Störungen an beiden zugehörigen Körperteilen von längerer Dauer.

Unser Rindenabschnitt stellt sich darnach als ein Aggregat im Prinzip funktionell gleichwertiger Regionen dar, deren jede nur einen anderen Körperteil beherrscht. Und damit lässt sich auch in Uebereinstimmung finden, was die Reizversuche an unserem Rindenabschnitte ergeben; denn es zeigen sich die Rindenstellen, von welchen aus durch schwache elektrische Reizung Bewegungen eines Körperteiles zu erzielen sind, immer innerhalb derjenigen Region gelegen, welcher derselbe Körperteil nach den Ergebnissen der Exstirpationen zugehört¹⁾. Die

1) Vergl. Grosshirnrinde 160. — Seitdem ich zuerst 1878 die Regionen unterschied (ebenda 33, 49), sind dieselben, manchmal unter dem Namen „Felder“, eine vielbenutzte Bezeichnung geworden, auch wo man hinsichtlich der Bedeutung der Regionen mir nicht beipflichtete. Wenn Horsley und Schäfer [Ph. Tr. R. S. 1888, B, p. 1; (Schäfer) Beiträge zur Physiologie, Festschrift für C. Ludwig, 1887. 269] bei ihrer neuerlichen Abgrenzung der Regionen des Affen mit Hülfe von Reizversuchen hervorgehoben haben, dass meine Regionen vornehmlich, wenn nicht ganz, auf Abtragungsversuchen fussen, so werden sie über den vermeintlichen Vorzug ihres Verfahrens inzwischen wohl durch die Reizbarkeit des Hinterhaupt- und des Schläfenlappens, welche sie jetzt ihrer Gesichtsregion zuzurechnen hätten, eines Besseren belehrt sein. Arm-, Bein-, Kopf- u. a. Regionen, wie ich sie suchte, waren eben nur durch Exstirpationen zu ermitteln; und bloss als bemerkenswert liess sich vorerst hinstellen, wie ich es a. a. O. tat — was freilich Horsley und Schäfer nicht be-

weitere Untersuchung der Funktionen des Rindenabschnittes knüpft deshalb vorteilhaft an die Regionen an. Unter ihnen empfehlen sich aber besonders die Arm- und die Beinregion, weil die Störungen uns an den Extremitäten am auffälligsten entgegentreten; und wir wählen beide Regionen zugleich wegen der engen Verbindung, in welcher die Bewegungen beider Extremitäten zu einander stehen.

Auch noch ein anderer Gesichtspunkt bestimmt uns zu der letzteren Wahl. Natürlich wollen die Figg. 1—4 nicht die Regionen-Grenzen als genau bestimmte gelten lassen, wie diese Grenzen auch eben deshalb nicht mit Linien angegeben sind. Unsere Methode der Exstirpationen lässt ja überhaupt nicht scharfe Abgrenzungen zu; und wäre dem auch anders, so würden doch die gezeichneten Grenzen nicht allgemeingültig sein wegen der Variationen, welche Furchen und Windungen, die uns zur Orientierung dienen, von Fall zu Fall darbieten können. Unter Umständen und gerade bei der Abgrenzung der Arm- von der Beinregion kommen aber noch besondere Schwierigkeiten hinzu. So tritt beim Hunde dort, wo das mediale hintere Endstück der Vorderbeinregion zu suchen ist, ein Konvolut grosser Venen, welche geschont werden müssen, den Versuchen hindernd in den Weg; und ebendieselben und andere grosse Venen, welche das Blut vom Gyrus sigmoideus abführen, gehen nahe dem medialen Rande des Gyrus dicht bei einander auf die Dura über, so dass Exstirpationen der Vorder- bzw. Hinterbeinregion nicht auszuführen sind, ohne dass zugleich die Hinter- bzw. Vorderbeinregion durch eine erhebliche Störung der Blutzirkulation beeinträchtigt wird. Für die Verfolgung der Armregion allein oder der Beinregion

achtet haben —, dass im Bereiche jeder Region auch die Rindenstellen gelegen sind, von welchen aus durch Reizung Bewegungen des entsprechenden Körperteiles sich herbeiführen lassen. Horsley und Schäfer irren weiter mit der Angabe, dass niemand vor ihnen den Gyrus marginalis untersucht habe; denn ich habe schon 1878 mitgeteilt: „Die Hinterbeinregion erstreckt sich beim Affen wie beim Hunde auch über die mediale Fläche der Hemisphäre bis zum Gyrus fornicatus. Ob das gleiche für das vorderste Stück der Vorderbeinregion des Affen gilt, weiss ich nicht; sicher aber gilt es nicht für die Vorderbeinregion des Hundes. Diese Region erstreckt sich nicht einmal . . bis zur Fissura longitudinalis, sondern zwischen dem medialen Ende ihrer vorderen Hälfte und dem Gyrus fornicatus liegt an der oberen und medialen Fläche der Hemisphäre . . die Nackenregion“ (Grosshirnrinde 54; vergl. auch 55 u. 58). Für die Nackenregion des Affen halten sich Horsley und Schäfer an die erste Andeutung derselben, welche ich 1878 in der Abbildung gab, und übersehen, dass ich die Region 1882 medialwärts ausgedehnter angab (ebenda 167). Mit der Hinzufügung, dass Arm- und Nackenregion des Affen bis zum Sulcus calloso-marginalis sich erstrecken, liefern die Horsley-Schäferschen Ermittlungen die schönste Bestätigung meiner Regionen — bis auf die Rumpfreion. Dass diese Region Horsley und Schäfer zu Unrecht in den Gyrus marginalis zwischen Arm- und Beinregion verlegen, werden wir später sehen.

allein könnten daraus Gefahren erwachsen, und wir entgehen ihnen, wenn wir beide Regionen zugleich der Untersuchung unterziehen.

Der äusseren Grenzen der Extremitätenregionen — so will ich Arm- und Beinregion zusammen fortan nennen — vergewissern wir uns noch durch besondere Prüfungen. In eigenen Versuchsreihen beginnen wir mit kleinen Exstirpationen innerhalb der Extremitätenregionen und schreiten von Versuch zu Versuch zu immer grösseren Exstirpationen vor. Dabei sehen wir die Störungen von Arm und Bein mehr oder weniger regelmässig an Umfang und Dauer wachsen, bis die Exstirpation die gezeichneten Grenzen der Extremitätenregionen erreicht hat. Aber wenn dann die Exstirpation, gleichviel nach welcher Seite hin, noch weiter ausgedehnt ist, finden wir die Störungen von Arm und Bein nicht mehr verstärkt, sondern nur neue Störungen anderer Körperteile hinzugekommen. Die Totalexstirpation unserer Extremitätenregionen führt also in den Störungen von Arm und Bein das Maximum herbei, das überhaupt erreichbar ist: gerade wie es zu erwarten war, wenn unsere Figuren mit ausreichender Genauigkeit innerhalb der Scheitellappen-Rinde das Gebiet abgrenzen, welches Arm und Bein beherrscht.

Die gute Ausführung dieser Versuche stösst auf gewisse Schwierigkeiten, besonders wo es sich um die Entfernung der medialsten Rindenpartien handelt. Ich will deshalb genauer beschreiben, wie ich die Totalexstirpation der Extremitätenregionen vornehme, welche in bezug auf fehlerfreie Durchführung die misslichste und zugleich die wichtigste aller Operationen ist. Es wird danach auch für die anderen Fälle sich leicht übersehen lassen, wie die Schwierigkeiten zu überwinden sind.

Beim Hunde schreiben die Art des operativen Vorgehens die Venen vor, mit welchen das verhältnismässig kleine Operationsgebiet in ausnehmend grosser Zahl ausgestattet ist, insbesondere die 5—6 Venen, welche ganz nahe bei einander fast senkrecht zum Sinus longitudinalis verlaufen. Diese Venen sind so zart und treten, allermeist schon in einigem Abstände vom medialen Rande der Konvexität, so knapp, mit so geringem Zwischenraume von der Pia zur Dura über, dass weder ihre Unterbindung noch ihre Torsion ausführbar ist. Aber auch bloss die Venen des Sulcus praecruciatu, des S. cruciatu und des S. postcruciatu dürfen verletzt werden, während die an der vorderen und der hinteren Grenze gelegenen Venen sorgfältig zu schonen sind. Infolgedessen ist im günstigsten Falle doch nicht mehr als ein äusserst beschränkter Blick auf die mediale Fläche des Operationsgebietes zu gewinnen und auch ein solcher nur mit Blutungen zu erkaufen, welche für das Operieren hinderlich sind und, wenn nicht die Erhaltung des Tieres, jedenfalls die Reinheit und Brauchbarkeit des Versuches in Frage stellen.

Vorteilhaft verzichtet man deshalb gänzlich auf die Inspektion der medialen Fläche und schlägt das folgende Verfahren ein, das allerdings eine grössere Vertrautheit mit dem Hundehirn voraussetzt, besonders damit die Exstirpation bis an den Gyrus fornicatus reicht, aber dafür die besten Chancen dadurch bietet, dass oft gar keine Blutungen auftreten oder nur unbedeutende, welche durch das Andrücken von Watte-
stückchen leicht zu stillen sind.

Nach Anlegen der Schädellücke, etwas grösser als die konvexe Fläche der Extremitätenregionen, wird die Dura möglichst weit lateralwärts und dann den Rand der Schädellücke entlang so weit gespalten, als es ohne Verletzung der Venen geschehen kann, und ihr abgetrennter Zipfel gegen den Sinus longitudinalis zurückgeschlagen. Hart am medialen Rande der Vene des Sulcus coronalis und weiter medialwärts vorn wie hinten an den gezeichneten Grenzen der Extremitätenregionen, wiederum soweit es ohne Verletzung der Venen möglich ist, wird dann senkrecht zur Hirnoberfläche die Rinde durchschnitten und die umschnittene Rindenpartie vom lateralen Schnittrande her parallel der Hirnoberfläche bis nahe zur medialen Fläche der Hemisphäre unterschritten. Jetzt wird das Messer mit einem dünnen und schmalen Holzstäbchen — einem passend zugerichteten Skalpellsstiele — vertauscht, und dieses unterhalb der unterschrittenen Rindenpartie zuerst, indem man es zugleich etwas senkt, medialwärts vorgeschoben, bis es die Falx in der ganzen Länge der Extremitätenregionen erreicht hat, dann unterhalb der vorderen wie der hinteren Grenzvene von unten nach oben geführt, so dass hier die Rindensubstanz ohne Verletzung der Grenzvenen durchtrennt wird. Nachdem der allseitig losgelöste Rindenlappen in einem Stücke entfernt ist, wird schliesslich mit dem Messer in der ganzen Ausdehnung des Sulcus coronalis die Rinde 1—2 mm weit lateralwärts unterschritten und, wo noch graue Substanz des Sulcus cruciatus sichtbar ist, dieselbe herausgehoben.

Beim Affen ist die Totalexstirpation der Extremitätenregionen leichter und sicherer ausführbar als beim Hunde, weil die im Operationsgebiete zum Sinus longitudinalis ziehenden Venen weiter auseinanderliegen, auch weniger zart sind und weniger knapp, überdies erst am medialen Rande der Konvexität von der Pia zur Dura übertreten. Man stellt die Schädellücke etwas grösser als die konvexe Fläche der Extremitätenregionen her und schlägt die passend gespaltene Dura in einem Zipfel medialwärts gegen die Falx, in zwei Zipfeln lateralwärts zurück. Die vom frontalen Schenkel des Sulcus praecentralis zur Falx verlaufende Vene wird geschont, ebenso die Vene des Sulcus parieto-occipitalis; die 2—3 dazwischen gelegenen Venen werden doppelt unterbunden, das eine Mal dicht am Sinus longitudinalis, und zwischen den Unterbänden durch-

schnitten. An der nunmehr bequem zugänglichen medialen Seite der Hemisphäre durchschneidet man die Rinde senkrecht zur Oberfläche im Sulcus calloso-marginalis, soweit derselbe die Extremitätenregionen begrenzt, und wenn sein hinteres Ende nicht die Konvexität erreicht, noch in seiner Verlängerung bis zur Konvexität und trägt scheibenförmig in einem Stücke die ganze mediale Partie der Extremitätenregionen ab. Danach wird die an der Konvexität gelegene Partie der Extremitätenregionen mit flachen, der Oberfläche parallelen Messerschnitten abgetragen, nachdem man sie durch senkrechte Einschnitte dicht hinter der vorderen und dicht vor der hinteren Grenzvene isoliert hat. Man hat dabei darauf zu achten, dass auch die kleine Rindenpartie der Konvexität, welche zwischen dem Ende des Sulcus calloso-marginalis und dem Sulcus parieto-occipitalis gelegen ist, mit entfernt wird. Schliesslich wird mit dem Messer die Rinde unterhalb der vorderen und der hinteren Grenzvene 1—2 mm weit unterschritten und, wenn noch graue Substanz des Sulcus Rolando sichtbar ist, dieselbe herausgeschnitten, auch die unter der Vene im Sulcus parieto-occipitalis gelegene Rinde mit einem dünnen und schmalen Skalpellsstiele herausgehoben.

Die Störungen, welche nach solcher Totalexstirpation der Extremitätenregionen in den Bewegungen von Arm und Bein zur Beobachtung kommen, sind beim Hunde derart, wie sie als Folgen der Exstirpation des Gyrus sigmoideus schon vielfach beschrieben worden sind. Wenn der Hund nach Ablauf der Narkose geht, bewegt er die gegenseitigen Extremitäten schlecht, indem er sie zu hoch oder zu wenig hoch hebt, und setzt sie schlecht auf, so dass sie auf den Rücken der Zehen, das Vorderbein sogar manchmal auf den Rücken des Fusses zu stehen kommen und dergl. mehr; daher und weil die Extremitäten leicht abgleiten, fällt der Hund oft nach der unverletzten Seite um. Aber von Tag zu Tag macht sich eine Besserung bemerkbar, bis, wenn einige Wochen vergangen sind, der Hund derart stehen, gehen und laufen kann, dass er dem Uneingeweihten wie ein unversehrtes Tier sich vorführen lässt. Daran will ich vorläufig nur erinnern und hinzufügen, dass ähnlich auch der entsprechend verstümmelte Affe sich verhält, bei welchem nur die Abnormitäten zu allen Zeiten hochgradiger sind. Im übrigen werden die Störungen in den Bewegungen, über welche ich hier flüchtig hinweggehe, ihre eingehende Behandlung später finden, wenn wir die mehr elementaren Störungen betrachtet haben, auf welche wir bei der genaueren Untersuchung der Tiere stossen. Dann werde ich auch die beiderseitige Totalexstirpation der Extremitätenregionen behandeln, von welcher vorerst nur gelegentlich einmal und nur beiläufig wird die Rede sein.

3.

An dem Hunde, dessen Extremitätenregionen der einen, sagen wir der linken Seite total exstirpiert sind, zeigt sich die Empfindlichkeit sonst überall normal, aber an den rechten Beinen verändert, wie besonders gut an den Füßen, nur mehr im groben an den oberen Gliedern der Extremitäten zu konstatieren ist. Führt man an dem freistehenden Hunde unversehens mit dem weichen Pinsel über einen linken Fuss oder berührt man den Fuss leicht mit einem Stabe oder dem Finger, so sieht der Hund sofort hin, und er hebt zugleich etwas das Bein, wenn die Berührung nicht ganz zart war. Drückt man ein wenig den Fuss, so zieht ihn der Hund, das Bein kräftiger hebend, fort und läuft davon oder führt den Kopf gegen den Fuss, um zu beißen. So ist hier alles wie beim normalen Tiere. Dagegen ist an unserem Hunde, vorausgesetzt immer, dass er den Angriff nicht sieht, Berührung eines rechten Fusses mit Pinsel, Stab oder Finger zu allen Zeiten wirkungslos. Um einen Erfolg zu sehen, muss man den Fuss drücken, in der ersten Zeit äusserst stark, dann immer weniger stark, bis endlich ein mässiger Druck genügt. Und immer besteht der Erfolg darin, dass unter sehr kräftiger Bewegung der Glieder des betroffenen Beines der Fuss fortgezogen wird. Der Hund sieht nicht hin, noch führt er den Kopf dahin, er setzt sich nur öfters in Gang. Wird, wenn die Reaktion begonnen hat, der Druck noch fortgesetzt und das Bein in seiner Bewegung gehemmt, so kommt es zu ausgedehnteren und schliesslich allgemeinen Strampelbewegungen des Hundes, der zugleich winselt, knurrt, um sich beisst.

Auch wo die Verletzung nicht ganz die Ausdehnung unserer Total-exstirpation hat, lassen sich in der Regel die geschilderten Wahrnehmungen machen, aber nicht immer. So ist es gekommen, dass, während alle anderen neueren Untersucher darin übereinstimmen, dass die Exstirpation des Gyrus sigmoideus bei Hund und Katze Störungen in der Empfindlichkeit der gegenseitigen Extremitäten mit sich bringt, Hr. Bechterew¹⁾ die Beeinträchtigung der Sensibilitätssphäre als nicht nachweisbar hinstellt. Der Widerspruch erklärt sich daraus, dass Hr. Bechterew, wie man erfährt, „nur die Region der Hemisphärenoberfläche exstirpierte, deren Erregung bei schwacher elektrischer Reizung Muskelzuckung in den Gliedern bewirkt“ und „in der Richtung nach hinten und aussen die Grenze der zerstörten Region nicht den Rand der Windung um ungefähr 2—4 mm erreichte“. Nach solcher Exstirpation kann man in der Tat beobachten, was Hr. Bechterew angibt, dass

1) Neurolog. Centralbl. 1883. 409; Pflügers Arch. 35. 1885. 137.

auf leichtes Kratzen der affizierten Extremität der Hund sich nach der Gegend der Reizung umsieht usw. Aber die von Hrn. Bechterew am hinteren äusseren Rande des Gyrus sigmoideus zurückgelassene Rinde steht eben nicht, wie er glaubte, ausser Beziehung zu den Extremitäten, sondern beeinflusst, wie sich später noch genauer durch Reiz- und Exstirpationsversuche ergeben wird, die Beweglichkeit und Empfindlichkeit besonders am Vorderfusse. Hrn. Bechterew hat gegenüber den anderen Untersuchern, welche gleichfalls den Extremitäten zugehörige Rindenpartien zurückliessen, das Missgeschick getroffen, dass die Unvollkommenheit gerade seiner Exstirpation infolge der Lage und Qualität des Rindenrestes hier verhängnisvoll war: ihm liessen die ersten Prüfungen, da das Tier auf Berührung hinsah, Empfindlichkeitsstörungen so sicher ausgeschlossen scheinen, dass er irrtümlich auf eine weitere Untersuchung verzichten zu dürfen meinte; für die anderen genügten dieselben nächstliegenden Prüfungen, Empfindlichkeitsstörungen ausser Zweifel zu stellen.

Man könnte sagen, die Empfindlichkeit der rechten Extremitäten unseres Hundes sei herabgesetzt oder abgestumpft. Aber damit wäre nur ein erster und unzureichender Ausdruck dem Beobachteten gegeben. Denn von anderen Folgen zeigt sich die Verletzung für den Gefühlssinn, von anderen für die Gemeinempfindlichkeit, wenn wir darunter die Empfindlichkeit verstehen, die nicht zu Sinnesempfindungen führt. Die Sinnesempfindungen, die Berührungs- oder Druckempfindungen, kommen schon bei einer geringeren Grösse des Angriffes der Haut zustande, als die Folgen der Gemeinempfindlichkeit; aber was sie vor allem und unabhängig von der Reizgrösse charakterisiert, das sind ihre Lokalzeichen, welche untrennbar mit ihnen verknüpft sind. Diese Sinnesempfindungen müssen daher für die rechten Extremitäten durch die Verletzung für immer fortgefallen sein, weil nach diesen Extremitäten hin der Hund, der den Angriff nicht sieht, nie mehr Augen und Kopf bewegt, auch wenn der Druck sonst erfolgreich ist. Dagegen ist die Gemeinempfindlichkeit der rechten Extremitäten nicht durch die Verletzung verloren; sie ist nur zuerst sehr herabgesetzt, nimmt aber mit der Zeit wieder zu.

Das verschiedene Verhalten von Sinnesempfindungen und Gemeinempfindlichkeit springt auch bei anderweitigen Prüfungen in die Augen.

Kleine, scharf gezahnte, stark federnde Klemmen an der Haut der rechten Extremitäten unseres Hundes, am besten wiederum an den Füßen angebracht, bleiben in der ersten Zeit nach der Hirnverletzung ohne Wirkung, später aber führen sie regelmässig Schreien, Winseln, heftige Bewegungen herbei. Legen wir zu dieser Zeit unserem Hunde bei verbundenen Augen, nachdem er sich an den Verband gewöhnt hat, eine Klemme gleichmässig an die vier Füße der Reihe nach an, so zeigt sich folgendes. Nach dem linken Vorderfusse fährt der Hund sofort,

nach dem linken Hinterfusse höchstens mit kurzem Verzuge, den er benutzt, um sich zu setzen oder zu legen, mit dem Kopfe hin; und er fasst die Klemme mit den Zähnen und zerrt an ihr, bis er sie abgenommen hat. Dagegen wird, wenn ein rechter Fuss angegriffen ist, das betroffene Bein hochgezogen, und der Hund fängt zu laufen an; bald bewegt er dabei das Bein in der Luft heftig hin und her, ohne es aufzusetzen, bald schlägt er es wiederholt mit aller Macht auf den Boden auf, so dass es laut schallt, und dergl. mehr: und ist unter allen den Bewegungen die Klemme nicht unwirksam geworden, so legt sich der Hund meist schliesslich wie resigniert auf den Bauch und lässt sich durch nichts bewegen aufzustehen, ehe die Klemme entfernt ist. Nur hin und wieder einmal kommt es vor, dass auch hier der Hund den Kopf den Füßen nähert; aber dann sind es wiederum die linken Füße, gegen welche hin er unter Linksdrehung den Kopf bewegt, und nie wendet er sich unter Rechtsdrehung nach den rechten Füßen hin. Der Hund hat also durch die Klemme, ob sie links oder rechts wirkt, Schmerzempfindungen; aber wo es ihn schmerzt, weiss er im letzteren Falle nicht, weil ihm die mit Lokalzeichen versehenen Sinnesempfindungen der rechten Extremitäten fehlen. Sind dem Hunde die Augen nicht verbunden und wird ihm die Klemme unversehens bei abgelenkter Aufmerksamkeit angelegt, so ist im übrigen alles ebenso, nur dass für den Fall des rechten Vorderbeines der Gesichtssinn öfters zu Hülfe kommt: der Hund sieht dann nach einiger Zeit, manchmal schon nach den ersten heftigen Bewegungen, die Klemme am rechten Vorderfusse und nimmt sie mit den Zähnen ab. Wird dem Hunde ein Fleischstück zugeworfen, so dass es dicht neben oder auf den rechten Vorder- oder Hinterfuss fällt, so folgt ihm der Hund mit Augen und Kopf und nimmt es sofort wie der normale Hund unter Rechtsdrehung auf¹⁾.

1) In seinen ersten Abhandlungen hat Goltz bei Hunden mit grossem Substanzverluste beider Hälften des Grosshirns eine Störung beschrieben, welche er als „mangelhaftes“ oder „mangelndes Ortsfindungsvermögen“ bezeichnete und als „die natürliche Folge der Störungen in der Benutzung aller Sinneswerkzeuge“ ansah (Pflügers Arch. 14. 1877. 431—5; 20. 1879. 19—20, 22). Er hatte dort auch Versuche mit Anlegen von Drahtklemmen an die Haut gemacht und konstatiert, dass „niemals die gereizte Stelle methodisch mit der Schnauze untersucht wurde, wie dies von unversehrten Hunden doch stets geschieht“. Danach, fährt er fort, „erwartete ich, dass die Tiere mit einseitig durchspültem Hirn sich vielleicht an der einen Hälfte ihres Körpers zurechtfinden würden und an der anderen nicht. Der Erfolg war indes ein anderer. Auch Hunde, die nur die Verstümmelung einer Hälfte ihres Grosshirns erlitten haben, vermögen eine ihnen z. B. auf den Schwanz oder die Vorhaut oder die Zehen gesetzte Klemme nicht zu finden. Sie wandern unter Aeusserungen des Unbehagens oder des Schmerzes umher, führen aber nicht die Schnauze zu der verletzten Stelle. Alle diese Tiere hatten mehrere Gramm Gehirn eingebüsst“ (a. a. O. 14. 434). Diese nicht bloss nach dem Texte oben, sondern auch nach der Ge-

Untersuchen wir weiter unseren Hund, während er von einem Gehülfen mit der einen Hand unter dem Kinn gestützt, mit dem anderen Arm an der hinteren Partie der Brust umfasst, senkrecht emporgehalten wird. Die Beine hängen ruhig herab, die rechten schlaffer als die linken, und der Hund kann nicht sehen, wie man an den Füßen hantiert. Führt man an einem linken Fusse oberhalb der Nägel leicht mit dem Finger von unten nach oben über die Haare hin, so beugen sich bei leisestem Streichen ganz kurz und schwach entweder die Zehen oder auch der Fuss, und erst bei weniger leisem Streichen bewegen sich zugleich die oberen Glieder, so dass ein blitzartiges Zucken des Beines, eine schwache Bewegung aller Glieder erfolgt. Legt man ferner Daumen und Zeigefinger zu beiden Seiten der Zehen an, so kommt es, wenn man sehr zart zufasst, entweder nur zu einer kurzen und schwachen Streckung der Zehen oder auch zu einer kurzen und schwachen Beugung des Fusses; und lässt man dann nicht los oder hat man von vorneherein weniger zart zugefasst, so bewegen sich auch noch stark die oberen Glieder, und mit abwechselnden Streckungen und Beugungen sucht sich das Bein den Fingern zu entziehen. Von alledem sieht man nichts und zu keiner Zeit, ob früh oder spät nach der Hirnverletzung, wenn man in gleicher Weise mit einem rechten Fusse verfährt. Man muss die Zehen in den ersten Tagen nach der Operation sehr stark, aber doch auch schliesslich noch etwas drücken, damit eine Reaktion eintritt. Und diese Reaktion besteht immer zunächst in einer kräftigen und langen Bewegung der oberen Glieder des Beines und dieser allein. Erst wenn der Druck über das erforderliche Mindestmass hinausgegangen ist, schliessen sich Fuss und Zehen mit Beugung an; und dann tritt auch die Bewegung des gleichnamigen Beines der anderen Seite hinzu, wenn diese nicht, wie es häufig vorkommt, sogar schon eher erfolgt ist.

Wieder könnte man von einer Herabsetzung der Reflexerregbarkeit für die rechten Extremitäten sprechen wollen. Aber das Unzutreffende, ja Unrichtige solcher Auffassung liegt auf der Hand. Denn läge bloss eine Herabsetzung der Reflexerregbarkeit vor, so müssten, wenn wir den Druck anwachsen lassen, an den rechten Extremitäten die Bewegungen nur bei höherem Drucke eintreten, im übrigen aber dieselben sein wie an den linken Extremitäten. Das ist jedoch nicht der Fall. Vielmehr stellen sich an den rechten Extremitäten, sobald der Druck am Fusse wirksam geworden ist, ganz andere Bewegungen ein und kommen diejenigen Bewegungen, welche an den linken Extremitäten der Berührung

samtheit meiner Erfahrungen nicht zutreffende Angabe, die übrigens in den späteren Mitteilungen von Goltz nicht wiederkehrt, lässt sich nur dadurch erklären, dass bei den Goltzschen Durchspülungen der einen Hemisphäre auch die andere Hemisphäre durch den operativen Eingriff beschädigt worden war.

des Fusses folgen, überhaupt nie zur Beobachtung. Die letzteren Reflexbewegungen, die Berührungsreflexe, wie sie der normale Hund zeigt — kurze und schwache Bewegungen, mit wachsendem Reize von den unteren zu den oberen Gliedern der Extremität fortschreitend — sind demnach an den rechten Extremitäten unseres Hundes für die Dauer ganz fortgefallen. Und erhalten sind dort nur die Gemeinreflexe — lange und starke Bewegungen, mit wachsendem Reize von den oberen zu den unteren Gliedern der Extremität fortschreitend —: Reflexe, wie wir sie, und zwar gleichfalls ausschliesslich, bei Hunden finden, welche durch Encephalomeningitis oder mässige Narkose bewusstlos sind, oder welchen die Medulla oblongata oder ein Stück des Rückenmarks von den höheren Teilen des Zentralnervensystems vollkommen abgetrennt ist. Für diese Gemeinreflexe der rechten Extremitäten ist die Reflexerregbarkeit zunächst nach der Verletzung sehr herabgesetzt und nimmt mit der Zeit an Grösse zu.

4.

Mit dem Verluste der Extremitätenregionen büsst also der Hund die Berührungs- oder Druckempfindungen der zugehörigen Extremitäten und, wie sich nach den Versuchen von selbst versteht, auch die Berührungs- oder Druckwahrnehmungen, welche aus jenen Empfindungen hervorgehen, für die Dauer ein. Damit stellt sich der Seh- und der Hörsphäre gegenüber unsere Scheitellappen-Rinde als die Fühlsphäre der Grosshirnrinde dar, insofern, wie in der Hinterhauptslappen-Rinde die Lichtempfindungen und Gesichtswahrnehmungen und in der Schläfenlappen-Rinde die Schallempfindungen und Gehörswahrnehmungen, so in der Scheitellappen-Rinde die Gefühlsempfindungen und Gefühlswahrnehmungen zustande kommen. Vorausgesetzt ist dabei freilich, dass, was sich vorerst nur durch grobe Prüfungen herausgestellt hat, dass die verschiedenen Regionen der Scheitellappen-Rinde im Prinzip funktionell gleichwertig sind, auch bei der genaueren Untersuchung sich stichhaltig erweist. Aber wir dürfen das mit um so grösserem Rechte erwarten, als es ja ganz der sogenannten Projektion der Netzhäute auf die Sehsphären entspricht, dass auch bei dem zweiten räumlichen Sinne, dem Gefühlssinne, feste Beziehungen zwischen den Bezirken der peripherischen Sinnesfläche einerseits und der zentralen Sinnesfläche andererseits bestehen, die verschiedenen Partien der Haut verschiedenen Partien der Scheitellappen-Rinde zugeordnet sind: und wir werden in der Tat unsere Erwartung nicht getäuscht sehen.

Noch ein anderer Parallelismus tritt uns sogleich entgegen. Wir hatten auseinanderzuhalten den Retina- oder Opticusreflex, welcher ohne das Grosshirn unter Vermittelung niedererer Zentralorgane zustande kommt, und die Sehreflexe, welche nur unter Mitwirkung der Sehsphäre

sich vollziehen.¹⁾ Gerade so stehen hier die Gemeinreflexe und die Berührungsreflexe einander gegenüber, von welchen wir die letzteren, nicht aber die ersteren mit den Extremitätenregionen untergegangen fanden. Und wenn wir weiter zweierlei Sehreflexe zu unterscheiden hatten, angeborene und erworbene, so bedarf es nur der Umschau in den obigen Versuchen, um die entsprechenden zweierlei Fühlreflexe, die angeborenen in den von uns so genannten Berührungsreflexen, die erworbenen in den Augen-, Kopf- und anderen Bewegungen zu erkennen. Doch müssen wir für jetzt der Versuchung widerstehen, in der Richtung tiefer einzudringen, und der Bedeutung unserer weiteren Ermittlungen nachgehen.

Die Gemeinempfindlichkeit zeigt sich nach dem Verluste der Extremitätenregionen an den zugehörigen Extremitäten zwar erhalten, aber doch verändert: die Reflexerregbarkeit für die Gemeinreflexe ist zuerst nach der Verletzung sehr herabgesetzt, desgleichen die Schmerzempfindlichkeit, und beide nehmen nur mit der Zeit an Grösse zu. Solche mit der Zeit zurückgehende Störungen unterliegen von altersher²⁾ dem Verdachte, dass sie die Folgen nicht sowohl des Verlustes des Hirnteiles, als vielmehr der mit seiner Beseitigung unbeabsichtigt verknüpften Schädigung anderer Zentralteile sind. Man hat ihnen deshalb früher für die Frage nach der Funktion der abgetragenen Hirnteile gar keine oder eine geringe und ungewisse Bedeutung beigemessen und sie vielfach ganz vernachlässigt. Bei der neueren Untersuchung der Grosshirnrinde hat sich auch der Verdacht in vielen Fällen als berechtigt erwiesen. So z. B. bei den Gefühls- und Bewegungsstörungen nach Exstirpationen innerhalb der Hinterhauptslappen-Rinde oder bei den Sehstörungen nach Exstirpationen innerhalb der Scheitellappen-Rinde oder, um noch nächstliegendes zu wählen, bei den Bewegungsstörungen am Kopfe und am Halse nach Exstirpationen innerhalb der Extremitätenregionen; denn diese Störungen sind nicht nur in der Zeit veränderlich, sondern schwanken auch bei anatomisch gleicher Exstirpation von Fall zu Fall an Ausdehnung und Stärke; sie ergeben sich durch die Sektion mit Blutung, Entzündung und dergl. in der Nachbarschaft der Exstirpationsstelle verbunden; und was die Hauptsache ist, sie bleiben aus, wo Operation und Heilung ohne unglücklichen Zufall verlaufen. Aber derartigen Störungen lässt sich offenbar unsere Veränderung der Gemeinempfindlichkeit nicht beigesellen, da sie stets in der geschilderten Weise bei den wohl gelungenen und reinen Versuchen wiederkehrt. Sie könnte darnach höchstens auf einer nicht vermeidlichen Unvollkommenheit der Versuche

1) Grosshirnrinde 306.

2) S. ebenda 77.

beruhen; und ob dem so ist, wie man es behauptet hat, müssen wir der Prüfung unterziehen.

Nach Hrn. Goltz¹⁾ sind unter den Störungen, welche der Hirnverletzung folgen, wie bei den Störungen nach Rückenmarksdurchschneidung, von den Ausfallserscheinungen, welche bleibender Natur und durch die Vernichtung oder dauernde Zusammenhangstrennung der nervösen Substanz bedingt sind, die Hemmungserscheinungen zu unterscheiden, welche vergänglich sind. Unmittelbar nach der vollständigen Durchtrennung des Rückenmarks werden die reflektorischen Funktionen des abgetrennten Rückenmarkstückes fast vollständig vermisst, und allmählich treten sie immer deutlicher werdend hervor. Darnach müssen die Zentren im abgetrennten Stücke des Rückenmarks, die doch nicht erst neu entstehen können, sich einige Zeit nach der Verletzung in einer Art von Scheintod befinden, aus welchem sie allmählich zu neuer Tätigkeit erwachen: die Lebenserscheinungen der Zentren müssen gehemmt sein. Der Anlass zur Hemmung sei in dem Akte der Operation zu suchen. Nicht Quetschung oder Erschütterung des unteren Rückenmarks, noch Ernährungsstörungen desselben bedingen die Hemmung, sondern auf dem Nervenwege komme sie zustande, indem während des ganzen Vernarbungsprozesses die Schnittenden des Rückenmarks fortwährend einer Reizung unterliegen, welche sich namentlich nach unten durch die ganze Masse des Rückenmarks fortpflanze. Diese, wenn auch milde, doch durch ihre Dauer sehr intensiv wirkende Reizung hemme die Zentren, zu welchen sie gelangt, in ihrer Tätigkeit. Von einer eigentlichen entzündlichen Reizung brauche dabei keine Rede zu sein: der einfache Heilungsvorgang an den Schnittenden genüge, um diese merkwürdige hemmende Fernwirkung auszuüben. Ähnlich liege die Sache beim Grosshirn. Jede Verletzung dieses Organes könne je nach der Lage und Ausdehnung eine Reihe von Funktionshemmungen in denjenigen Gebieten des Gehirns und sogar des Rückenmarks herbeiführen, welche durch den Operationsakt gar nicht direkt beschädigt worden seien. Oft sei nur ein kleiner Teil der Störungen, welche unmittelbar nach der Verletzung zur Beobachtung kommen, als Ausfallserscheinung zu betrachten, d. h. durch die Vernichtung von Hirnsubstanz bedingt. Der ganze Rest der Erscheinungen sei den Hemmungsvorgängen zuzuzählen, d. h. davon abhängig, dass Nervenzentren, die noch vorhanden sind, für Zeit ihre Funktionen eingestellt haben. Alle Teile des zentralen Nervensystems können nach einer Verletzung der Grosshirnrinde eine Hemmung ihrer Funktion erleiden. In erster Linie

1) Pflügers Archiv. 20. 1879. * 1—7; vergl. 13. 1876. 34, 39—41; 14. 1877. 441—3.

sei der unverletzte Rest des Grosshirns selbst zu nennen. In der Umgebung der Hirnwunde seien erhebliche Abschnitte der Randzone teils gequetscht oder gezerrt, teils leiden sie unter der veränderten Blutbewegung; aber oft werde auch durch Fernwirkung der ganze übrige Rest des Grosshirns unmittelbar nach der Operation ausser Funktion gesetzt. Auf das Mittelhirn und Kleinhirn erstreckte sich nach grossen Verletzungen der Rinde die Hemmungswirkung. Selbst das verlängerte Mark und das Rückenmark können bei Hunden nach ausgedehnter Zerstörung des Grosshirns Hemmungswirkungen unterliegen. In denjenigen Fällen z. B., in welchen unmittelbar nach der Operation die Hemi-anästhesie so hochgradig sei, dass die Tiere bei Quetschung der betreffenden Pfoten diese gar nicht bewegen, müsse eine solche Fernwirkung vorliegen. Wäre nämlich das Rückenmark und verlängerte Mark ganz unberührt, so müsste die Quetschung der Pfote doch mindestens eine Reflexbewegung zur Folge haben.

In diesen Ausführungen liegt sichtlich ein Mangel an Folgerichtigkeit, indem im Falle der Rückenmarksverletzung die Hemmungserscheinungen — unter Ausschluss von Quetschung, Erschütterung, Ernährungsstörung — dahin begrenzt werden, dass sie nur auf dem Nervenwege durch eine Reizung der Schnittenden des Rückenmarks zustande kommen, bei der Gehirnverletzung dagegen, obwohl es sich bloss um eine natürliche Folgerung aus den Ergebnissen am Rückenmark handeln soll¹⁾, die Folgen von Quetschung, Zerrung, Ernährungsstörung in die Hemmungserscheinungen einbezogen werden. So ist Hr. Goltz dazu gekommen, die Störungen nach Hirnverletzung, welche durch Quetschung, Blutung, Entzündung usw. veranlasst waren — und deren gab es bei der Grösse seiner Hirnverstümmelungen und der Art, wie er sie ausführte, recht viele —, als Hemmungserscheinungen vorzuführen: und er hat den Fehler erst später, wenn auch nicht mit der nötigen Klarheit, verbessert²⁾, indem er von den übrigen Nebenwirkungen der Verletzung die

1) Goltz, Pflügers Archiv. 13. 1876. 40.

2) Goltz, ebenda 34. 1884. 456: „Dagegen hat man an meiner Auffassung der Hemmungserscheinungen vielfach Anstoss genommen, ohne jedoch, wie mir scheint, sachlich sich von mir zu entfernen. Es kam mir darauf an, zu zeigen, dass nach jeder Zerstörung eines Hirnstückes nicht bloss diejenige Substanz ihre Funktionen einstellt, welche vernichtet ist, sondern dass auch in weiter Ausdehnung noch erhaltene Hirnabschnitte eine Abschwächung ihrer Tätigkeit erfahren. Die beabsichtigte Zerstörung bringt die Hauptwirkung, nämlich die Ausfallserscheinungen hervor. Neben diesen treten namentlich in der ersten Zeit nach der Verletzung zahlreiche andere Störungen in noch vorhandenen Organen auf, die ich, Wernickes Vorschlag gern annehmend, fortan Nebenwirkungen nennen will. Dahin gehören z. B. die Störungen, welche durch die entzündliche Reizung der Nachbarschaft der Verletzung erzeugt werden. Dahin rechne ich ferner die Störungen durch die unvermeid-

„echten Hemmungserscheinungen“ trennte. Aber wenn wir von jener Schwäche absehen, bleibt der Kern der Ausführungen, dass sie die Hemmungswirkungen von den Folgen der Rückenmarksverletzung auf die der Hirnverletzung übertragen und, was für uns besonders wichtig ist, gerade eine Veränderung der Gemeinempfindlichkeit, wie sie uns beschäftigt, als Hemmungserscheinung hinstellen. In letzterer Hinsicht spricht sich Hr. Goltz noch an anderer Stelle¹⁾ mit aller Bestimmtheit aus: „Es lässt sich übrigens mit mathematischer Sicherheit beweisen, dass unter den Störungen, welche wir im ersten Stadium der Verstümmelung antreffen, echte Hemmungserscheinungen sein müssen. Wenn man einem Hunde, welchem ein ausgiebiger Teil des linken Grosshirns herausgespült ist, in den ersten Stunden nach der Operation die rechte Hinterpfote kneift, so stösst er keinen Schmerzensschrei aus, er macht aber auch keine Spur einer anderen Reflexbewegung. Mache ich dieselben Versuche mit einem Tier, welches vor Monaten eine vollständige Durchtrennung des Rückenmarks erlitten hat, so zieht das Tier die gekniffene Pfote mit grosser Heftigkeit fort. Das Zentrum für diesen Reflex liegt eben im Lendenmark. Warum versagt nun dieser Reflex bei dem Tier, welches ein unversehrtes Rückenmark, aber eine frische Gehirnwunde besitzt? Offenbar deshalb, weil das betreffende rechtsseitige reflektorische Zentrum im Rückenmark infolge seiner Verknüpfung mit der frischen, links gelegenen Hirnwunde eine Hemmung erlitten hat. Diese Hemmung kann selbstverständlich nur auf dem Nervenwege bewirkt sein. Von einer direkten Schädigung des Rückenmarks durch grobe mechanische Erschütterung oder durch Anomalien der Blutbewegung kann keine Rede sein.“

Bei näherer Betrachtung finden wir indes die grundlegenden Verhältnisse am Rückenmark viel weniger einfach, als sie Hrn. Goltz erschienen. Wir verfolgen nach der vollkommenen Querdurchschneidung des Rückenmarks am letzten Brustwirbel, wie sie Hr. Goltz für seine Studien bevorzugt hat²⁾, am emporgehaltenen Hunde die Reflexbewegungen der herabhängenden Hinterbeine und sehen die anfangs nur geringe Reflexerregbarkeit durch lange Zeit allmählich wachsen. Am Tage der (unter Aethernarkose ausgeführten) Operation tritt nur auf sehr starkes Drücken der Zehen eine schwache Bewegung von Ober- und Unterschenkel desselben Beines ein; mit der Zeit ist ein immer schwächerer Druck schon wirksam und ruft dabei nicht bloss immer stärkere, sondern

lichen Aenderungen der Blutbewegung in den erhalten gebliebenen Hirnteilen. Zu den Nebenwirkungen zähle ich dann endlich auch diejenigen Fernwirkungen, welche echte Hemmungserscheinungen darstellen.

1) Pflügers Arch. 13. 1876. 41.

2) Ebenda 8. 1874. 460.

auch immer ausgedehntere, die oberen Glieder des anderen Beines und auch die unteren Glieder beider Beine umfassende, Bewegungen hervor; endlich genügt schon ein ganz schwaches Drücken der Zehen, um sofort höchst kräftige Bewegungen beider Beine in allen ihren Gliedern herbeizuführen. Die letzte Stufe, bei welcher es dann bleibt, ist 6—8 Wochen nach der Operation erreicht. Aber schon nach 2—3 Wochen ist die Wunde, wie Sektionen lehren, in der Tiefe wie an der Oberfläche völlig vernarbt. Daher können Vorgänge, welche mit der Heilung der Wunde zusammenhängen, höchstens einem ersten Teile der Zunahme der Reflexerregbarkeit des Lendenmarks zugrundeliegen, und der zweite Teil muss eine andere Ursache haben.

Wir kommen noch weiter, wenn wir uns an das von Freusberg¹⁾ studierte sogenannte Taktschlagen halten, an die rhythmischen und an beiden Beinen regelmässig abwechselnden, in Beugung und Streckung bestehenden Bewegungen, welche man zu Zeiten, sobald man den Hund emporhebt, an den herabhängenden Hinterbeinen beobachtet. Es sind Reflexbewegungen, durch Zerrung und Dehnung sensibler Teile an den der Schwere überlassenen Beinen bedingt; denn sie hören auf und treten nicht wieder ein, wenn die Beine genügend gestützt, ihre Glieder weniger gestreckt sind. Das Taktschlagen hebt 3—4 Wochen nach der Operation mit schwachen und spärlich wiederholten Bewegungen eines Beines an und bildet sich mit der Zeit immer mehr aus, bis es 6—8 Wochen nach der Operation bezüglich seiner Andauer, wie der Häufigkeit und Stärke der Bewegungen beider Beine den Höhepunkt erreicht, auf dem ich es durch Monate habe verbleiben sehen. Damit sind wiederum für den zweiten Teil der Zunahme, welche die Reflexerregbarkeit des Lendenmarks erfährt, Beziehungen zu Vorgängen der Wundheilung ausgeschlossen. Zugleich aber springt es für ebendiesen Teil in die Augen, dass überhaupt gar nicht eine herabgesetzte Reflexerregbarkeit ihre ursprüngliche Grösse wiedergewinnt, sondern vielmehr ein wahres Ansteigen der Reflexerregbarkeit weit über die Norm hinaus erfolgt. Denn die Reflexerregbarkeit des Lendenmarks zeigt ja am unversehrten Tiere nie die für das Zustandekommen des Taktschlagens erforderliche Grösse; und dass doch etwa dort eine solche Grösse gewissermassen latent besteht und nur durch eine ständige Tätigkeit von Hemmungsnerven, welche vom oberen Teile des Zentralnervensystems zum Lendenmark ziehen, nicht zur Erscheinung kommt, ist dadurch ausgeschlossen, dass nach der Querdurchschneidung des Rückenmarks die Ausbildung des Taktschlagens und überhaupt alle Zunahme der Reflexerregbarkeit immer nur ganz allmählich vor sich geht.

1) Pflügers Arch. 9. 1874. 358.

Dieses Ansteigen der Reflexerregbarkeit kann aber auch nicht seine Ursache in einer Veränderung haben, welcher infolge der mit der Abtrennung verbundenen Gefässverletzungen die Ernährung des Lendenmarks seitens des Blutes für die Dauer unterliegt. Da bei unseren langlebigen Hunden bloss die Gefässe des Rückenmarks an der Schnittstelle verletzt sind, ist es nach der Art der Gefässverteilung am Rückenmark nicht anzunehmen, dass nicht durch den Kollateralkreislauf alsbald wieder die frühere Blutversorgung des Lendenmarks hergestellt sein sollte. Wäre dem jedoch auch anders, so könnte die Ernährung des Lendenmarks immer nur beeinträchtigt sein, und dann müsste seine Reflexerregbarkeit gerade nicht für die Dauer erhöht, sondern herabgesetzt sich zeigen; denn regelmässig sehen wir diese Reflexerregbarkeit, ob sie noch im Ansteigen begriffen oder schon mehr oder weniger lange konstant ist, abnehmen, sobald unsere Hunde an Verdauungsstörungen, Bronchialkatarrh usw. erkranken, und wieder zunehmen, wenn die Hunde nicht zugrunde gehen, sondern gesunden¹⁾. Wir sind daher zu dem Schlusse genötigt, dass unser Ansteigen der Reflexerregbarkeit die reine Folge des Abgetrenntseins des Lendenmarks ist. Ohne dass also irgendwelche unbeabsichtigten und nebensächlichen Wirkungen der trennenden Operation oder der Fortfall einer ständigen Tätigkeit von Hemmungsnerven im Spiele sind, allein und ganz ausschliesslich infolge davon, dass die nervösen Verbindungen, welche zwischen dem Lendenmark und dem übrigen Zentralnervensystem in der Norm bestehen, aufgehoben sind, erfährt das Lendenmark fortschreitende innere Veränderungen, bis es eine neue Verfassung angenommen hat, — wovon das Ansteigen seiner Reflexerregbarkeit bis zu einem Maximum, auf welchem dieselbe verharret, der Ausdruck ist. Ich werde diese Veränderungen in der Folge kurz Isolierungsveränderungen nennen.

Für unseren ersten Teil der Zunahme der Reflexerregbarkeit sind nunmehr neben den Folgen der Quetschung und Erschütterung, der Zirkulationsstörung, der Verheilung der Wunde auch noch die Isolierungsveränderungen in Betracht zu ziehen, die ja nicht gerade mit der Vernarbung der Wunde ihren Anfang nehmen können; und damit stehen wir vor so vielen Unbekannten, dass wir auf eine genauere Zergliederung verzichten müssen. Schon der groben Aufklärung stellen sich Schwierigkeiten in den Weg. Um den Einfluss der Quetschung und Erschütterung, wie der Zirkulationsstörung einigermaßen zu übersehen, habe ich Versuche ausgeführt, bei welchen die genannten Umstände weniger schädlich auf das Lendenmark wirken mussten, Versuche mit Querdurchschneidung des Rückenmarks in der Höhe des dritten oder vierten Brustwirbels.

1) Vergl. Freusberg, Pflügers Arch. 9. 1874. 362, 380.

Hier fand sich in den ersten Tagen nach der Operation die Reflexerregbarkeit des Lendenmarks regelmässig grösser, als wo das Rückenmark in der Höhe des letzten Brustwirbels durchtrennt war, wenn beidemale wohlgelungene Versuche in Vergleich kamen; nach mehreren Tagen war der Unterschied nicht mehr deutlich. Wollten wir nun gar darnach annehmen, dass, wenn etwa 8 Tage seit der Querdurchschneidung am letzten Brustwirbel verflossen sind, Quetschung, Erschütterung und Zirkulationsstörung keine Bedeutung mehr für das Verhalten der Reflexerregbarkeit haben, so liesse sich, dass in der Folge noch Folgen der Wundheilung im Goltzschen Sinne, sei es ausschliesslich, sei es neben Isolierungsveränderungen vorliegen, doch nur erschliessen, wenn die Reflexerregbarkeit ferner noch gegen die Norm herabgesetzt wäre. Darüber ist aber nichts auszumachen, weil nicht mit der hier erforderlichen Genauigkeit sich feststellen lässt, welche Reflexerregbarkeit dem Lendenmark des normalen Hundes zukommt; ich habe kein Mittel ausfindig zu machen gewusst, um an den Beinen des unversehrten Hundes Reflexbewegungen herbeizuführen, bei welchen jede Mitbeteiligung des Gehirns als ausgeschlossen gelten durfte.

Unter diesen Umständen könnte man es sogar bezweifeln wollen, dass die Goltzsche Annahme einer mit der Heilung verknüpften Reizung der Schnittenden des Rückenmarks, welche die Zentren des Lendenmarks hemmt, überhaupt in der Wirklichkeit zutrifft. Darin würde man jedoch zu weit gehen. Denn ich habe bei den Versuchen mit hoher Durchschneidung des Rückenmarks in einigen¹⁾ Fällen, in welchen die Heilung den besten Verlauf nahm, die Reflexerregbarkeit des Lendenmarks einige Stunden nach der Operation wesentlich grösser gefunden, als am folgenden Tage; am dritten Tage war sie etwa ebenso gross wie einige Stunden nach der Operation, am vierten Tage grösser. Hier bietet für das anfängliche Sinken der Reflexerregbarkeit der Eintritt der für die Heilung erforderlichen reaktiven Entzündung²⁾ die natürliche und allein mögliche Erklärung: so dass die Goltzsche Annahme eine zuverlässige Stütze gewinnt³⁾. Hr. Goltz hat nur darin gefehlt, dass er

1) Dass die Beobachtung nicht öfter gemacht wurde, ist wohl nur der Unterbrechung zuzuschreiben, welche die Tätigkeit im Laboratorium von einem Tage zum anderen erfahren musste.

2) Vergl. Grosshirnrinde 273. Anm. 144.

3) Ich sollte eigentlich dem, was ich an der Goltzschen Annahme bestätige, die richtigere und schärfere Fassung geben, dass eine Einwirkung von der Schnittstelle her das Tätigwerden der Reflexzentren erschwert oder die Erregbarkeit der Reflexzentren herabsetzt, da ich weder für die „Reizung“ an der Schnittstelle noch für die „Hemmung“ der Reflexzentren eintreten kann. Indess empfiehlt es sich, dass ich die Goltzsche Ausdrucksweise zunächst beibehalte, weil

Vorgänge der ersten Zeit nach der Operation über ihre natürlichen Grenzen hinaus noch zu einer späteren Zeit hat eine Rolle spielen lassen.

Auch nach der Querdurchschneidung des Rückenmarks am 3. oder 4. Brustwirbel treten uns die Isolierungsveränderungen am abgetrennten Rückenmarksstücke entgegen, indem dessen Reflexerregbarkeit durch 6—8 Wochen bis zu einem Maximum wächst. Hier wird es sogar zweifellos, dass diese Veränderungen schon zu einer frühen Zeit vor sich gehen, wenn wir noch den von Hrn. Goltz beschriebenen Kratzreflex¹⁾ verfolgen, die eigentümlichen Kratzbewegungen der Hinterbeine, welche Druck oder Streichen der Haut unterhalb und zur Seite des Brustbeines nach sich zieht. Denn dieser am unversehrten Hunde nicht vorkommende Reflex tritt schon zu Anfang der zweiten Woche nach der Operation deutlich auf. Er bildet sich dann durch Wochen besser aus, so dass er bei immer schwächerer Reizung in immer grösserer Stärke und immer längerer Dauer erfolgt. Aber das Maximum, welches die Reflexerregbarkeit des Lendenmarks erreicht, ist nach der hohen Querdurchschneidung des Rückenmarks nicht so gross, wie nach der tiefen am letzten Brustwirbel. Es macht sich das schon auf die Weise bemerklich, dass im ersteren Falle nie ein so schwaches Drücken der Zehen ausreicht, Beinbewegungen herbeizuführen, wie im letzteren Falle. Besonders gut aber erkennt man es daran, dass das Taktschlagen nach der hohen Querdurchschneidung nicht nur später und langsamer sich entwickelt, sondern auch nicht bis zu solcher Dauer und Stärke sich ausbildet, wie nach der tiefen Querdurchschneidung.

Treten wir nun mit der gewonnenen Kenntnis von den Folgen der Rückenmarksdurchschneidung an die uns beschäftigenden Folgen der Totalexstirpation der Extremitätenregionen heran, so finden wir zuvörderst die geringe Reflexerregbarkeit, welche sich nach der Operation für die Gemeinreflexe der zugehörigen Extremitäten zeigt, in Uebereinstimmung mit den Goltzschen Ausführungen einer Hemmung zuzuschreiben, welche von der Hirnwunde aus die Reflexzentren im Rückenmark erfahren. Während bei den Versuchen am Rückenmark die Folgen von Quetschung, Erschütterung und Zirkulationsstörung des Lendenmarks, die zu allererst in Rechnung gebracht werden mussten, die Folgen der Wundheilung so verdecken konnten, dass wir nur mühsam und spurweise uns ihrer zu vergewissern vermochten, stellen sich die letzteren jetzt, wo von den

anderenfalls das verdunkelt würde, worauf es bei den gegenwärtigen Erörterungen ankommt. Wo es später ohne Schaden geschehen kann, werde ich von der schärferen Fassung Gebrauch machen.

1) Goltz, Pflügers Arch. 13. 1876. 41. — Gergens, ebenda 14. 1877. 340.

ersteren Folgen nicht die Rede sein kann, klar in ihrer Grösse dar. Die Schnittstelle des Grosshirns muss, wie es Hr. Goltz für den Rückenmarks-Querschnitt angab, einer Reizung unterliegen, welche auf dem Nervenwege die hemmende Wirkung ausübt; und weil mit der Zeit die Reizung abnimmt, muss die anfangs sehr geringe Reflexerregbarkeit mit der Zeit zunehmen. Die Ursache der Reizung liesse sich ebensowohl in Zirkulationsstörungen suchen, welche sich allmählich abgleichen, wie in der reaktiven Entzündung, welche selbst mit der besten Verheilung der Wunde notwendig verknüpft ist. Aber wir müssen uns auf grund des anfänglichen Sinkens der Reflexerregbarkeit, das wir am Rückenmark beobachteten, für die letztere Möglichkeit entscheiden. Sie findet auch noch darin eine Stütze, dass bei den missglückten Versuchen, wenn die Heilung nicht per primam erfolgt und eine stärkere Entzündung von der Wunde aus um sich greift, die Reflexerregbarkeit für die zugehörigen Extremitäten lange auf einer so niederen Stufe verharret, dass sie kaum nachweisbar ist, und erst wenn die Entzündung sich zurückbildet, langsam anwächst.

Aber wiederum lässt sich nur ein erster Teil der Zunahme der Reflexerregbarkeit zu den Folgen der Wundheilung in Beziehung bringen. Denn die Zunahme dauert, wie jetzt an der Zeit ist zu bemerken, durch etwa 6 Wochen nach der Totalexstirpation der Extremitätenregionen an, weit also über die Vernarbung der Wunde hinaus, welche in die zweite Woche nach der Operation fällt. Man gewinnt dafür noch eine besondere Sicherheit, wenn man an Hunden, welchen vor 1—2 Monaten die linken Extremitätenregionen total exstirpiert wurden, die gleiche Exstirpation rechterseits ausführt und die Reflexerregbarkeit für die linken Extremitäten mit derjenigen für die rechten vergleicht: erst 6—8 Wochen nach der zweiten Operation sieht man die linksseitige Reflexerregbarkeit die rechtsseitige an Grösse erreichen. Es muss demnach zu der Zunahme, welche die Wundheilung mit sich bringt, also zu der Zunahme infolge des Abklingens der Hemmung noch eine anderweitige Zunahme sich hinzugesellen. Und das tut sich denn auch darin kund, dass die Reflexerregbarkeit über die Norm ansteigt.

Eine Beobachtung in der Richtung enthält schon Hrn. Goltz' erste Abhandlung¹⁾ über die Verrichtungen des Grosshirns, indem bei Hunden, welche eine Durchspülung des linken Hirns erlitten hatten, der Kratzreflex-Versuch, wenn alle Hemmungserscheinungen verschwunden waren, oft überraschend leicht gelang. Weiteres haben Hr. Gergens²⁾ und

1) Pflügers Arch. 13. 1876. 42.

2) Ebenda 14. 1877. 340.

Hr. Goltz¹⁾ mitgeteilt. Die Reflexerregbarkeit des Rückenmarks steigere sich oft einige Zeit nach der Durchspülung des Grosshirns in ausserordentlichem Grade. Auf das erste Stadium der Hemmung folge häufig ein Stadium einer förmlichen Entfesselung der reflektorischen Vorgänge. Den Kratzreflex in grosser Intensität hervorzurufen, bedürfe es dann nur eines ganz geringfügigen Reizes, — fast nur einer Berührung der Haut, wie Hr. Goltz sagt, der leisesten Berührung, sogar oft nur des Streichens der Haare, wie wir von Hrn. Gergens hören. Dass die Bewegung rein reflektorischer Natur ist und nicht von der Willkür beherrscht, gehe nicht bloss aus der Art ihres Auftretens, ihrer Heftigkeit, ihrer Dauer, ihrem Verlaufe, sondern ganz besonders auch aus dem gleichzeitigen Verhalten des Hundes hervor, der, trotz dem nicht selten vollständig ausbleibenden Nutzen der Bewegung, ganz gleichgültig bleibt, frisst, sich mit anderen Dingen beschäftigt²⁾. Besonders deutlich trete die abnorme Reflexerregbarkeit auf beiden Seiten bei solchen Tieren hervor, denen möglichst rasch nach Vernarbung der bei der ersten linksseitigen Durchspülung gesetzten Verletzung ein zweiter gleicher rechtsseitiger Angriff gemacht ist.³⁾ Nach Hrn. Gergens überdauerte der Zustand oft Monate lang die vollständige Heilung der Kopfwunde. Nach Hrn. Goltz ging nach Wochen die anomale Erhöhung der Erregbarkeit zurück, war die Erscheinung immer vorübergehender Natur. Später hat Hr. Goltz⁴⁾ nach beiderseitiger Ausspülung den Kratzreflex 1—2 Jahre nach der Verstümmelung gesehen, zugleich auch andere Reflexbewegungen, wobei er aber durchaus nicht leugnen wollte, dass denselben bewusste Empfindungen vorangehen. Und als Hr. Goltz erkannte, dass die „Lappen des Grosshirns sicher nicht dieselbe Bedeutung haben“⁵⁾, hat er sich auch davon überzeugt⁶⁾, dass die Steigerung der Reflexerregbarkeit sich regelmässig nach grosser doppelseitiger Verstümmelung des Vorderhirns zeigt, nicht aber nach tiefer und ausgedehnter Abtragung an den Hinterhauptslappen. Endlich hat neuerdings Hr. Goltz⁷⁾ an einem Hunde, welchem das ganze Grosshirn abgetragen war, nach 18 Monaten neben anderen Reflexen den Kratzreflex und auch das Taktschlagen beobachtet.

Nach der Totalexstirpation der Extremitätenregionen kommt es zu einer so hohen Reflexerregbarkeit, wie sie die HH. Goltz und Gergens

- 1) Pflügers Arch. 14. 1877. 427—8.
- 2) Gergens, a. a. O. 342.
- 3) Derselbe, a. a. O. 341.
- 4) Pflügers Arch. 20. 1879. 23; 26. 1881. 10.
- 5) Ebenda 34. 1884. 504.
- 6) Ebenda 475—7, 483, 499, 502—3.
- 7) Ebenda 51. 1892. 576—7.

nach den Durchspülungen des Grosshirns sahen, für die Gemeinreflexe der zugehörigen Extremitäten nicht. Im günstigsten Falle bedarf es am emporgehaltenen Hunde immer noch eines schwachen Druckes der Zehen, damit dasselbe Bein, und eines etwas grösseren Druckes, damit auch das andere Bein in Bewegung komme. Der gleiche Druck der Zehen an dem ungeschädigten Beine oder an den Beinen eines unversehrten Hundes führt wohl allerlei Strampelbewegungen herbei, aber nicht die charakteristische kräftige und lange andauernde tetanische Beugung der oberen Glieder des Beines, die hier erst durch einen wesentlich stärkeren Druck zu erlangen ist. Man kann darnach, trotzdem dass die normale Reflexerregbarkeit nicht genau sich feststellen lässt, über die Erhöhung der Reflexerregbarkeit nicht im Zweifel sein; nur ist die Erhöhung hier sichtlich kleiner als nach den Rückenmarksdurchschneidungen. Dasselbe ist auch daraus zu entnehmen, dass in der dritten Woche nach der Operation der Kratzreflex auftritt und sich allmählich immer besser ausbildet, ohne dass er jedoch schliesslich so leicht hervorzurufen und in solcher Stärke und Dauer zu beobachten ist, wie nach der hohen Durchschneidung des Rückenmarks. Vom Taktschlagen ist nie eine Spur zu sehen. Die grösste Höhe der Reflexerregbarkeit findet man regelmässig, wo die Totalexstirpation der Extremitätenregionen auf beiden Seiten ausgeführt ist, sei es dass gleichzeitig rechts und links operiert wurde, sei es dass der einseitigen Operation nach 1—2 Monaten die gleiche Operation auf der anderen Seite folgte. Nach der einseitigen Totalexstirpation der Extremitätenregionen erscheint nur manchmal dieselbe Höhe der Reflexerregbarkeit erreicht, in der Regel ist das Maximum deutlich kleiner. In einigen Fällen ist es mir hier aufgefallen, dass, als 2 Monate und mehr seit der Operation verflossen waren, der Kratzreflex in seiner mittleren Ausbildung fortbestand, aber durch die Prüfung mit Drücken der Zehen nicht gut sich nachweisen liess, dass die Reflexerregbarkeit die Norm überschritt. Ich bin deshalb dem Gedanken nachgegangen, dass unter Umständen im Falle der einseitigen Totalexstirpation die Reflexerregbarkeit, nachdem sie bis zu ihrem Maximum gestiegen, mit der Zeit wieder etwas sinken könnte; doch habe ich trotz vieler Mühe von solchem Sinken mich nicht zu überzeugen vermocht.

Also auch nach unserer Hirnverletzung stellt sich ein wahres Ansteigen der Reflexerregbarkeit über die Norm ein, wie nach den Rückenmarksdurchschneidungen. Ich muss auf diese Erkenntnis ein besonderes Gewicht legen, weil Hr. Goltz, obwohl er in seiner zweiten Abhandlung, wie wir sahen, von der „anormalen Erhöhung“ der Reflexerregbarkeit nach der Grosshirn-Durchspülung spricht und die Reflexerregbarkeit „sich oft in ausserordentlichem Grade steigern“ lässt, doch den Sachverhalt, man dürfte sagen, hartnäckig verkannt hat. Denn in seinen

späteren Abhandlungen sagt er, wo er die Erklärung der Steigerung der Reflexe versucht¹⁾: „Wenn . . . beim unversehrten Tiere ein ähnlicher Reiz, z. B. ein Flohstich, statt hat, so wird in erster Linie das Rückenmark erregt. Fast gleichzeitig bekommt aber auch das Gehirn Nachricht von dem Vorfall und das Willensorgan kann nun nach Belieben den Reflexvorgang der Kratzbewegungen spielen lassen, verstärken und richtig leiten oder aber diesen Reflex hemmen, wenn das Gehirn anderweitig durch wichtigere Geschäfte in Anspruch genommen ist. Bei unserem Hunde mit stark verstümmeltem Grosshirn ist die Herrschaft des Hirns über das Rückenmark gewissermassen gelockert und die Rückenmarkszentren gewinnen eine ähnliche Selbständigkeit wie bei einem Tiere mit völlig durchtrenntem Rückenmark.“ Und wiederum²⁾: „Die Steigerung der Reflexe nach Wegnahme des Vorderhirns möchte ich ebenfalls von der teilweisen Vernichtung der Leitungsbahnen zwischen Grosshirn und Kopfmark ableiten. Das unversehrte Gehirn kann die im Kopfmark und Rückenmark sich abspielenden Reflexe beherrschen und hemmen. Das verstümmelte Grosshirn vermag das nicht, teils weil mit der Verringerung des Organs dessen hemmende Kraft geschwächt ist, teils weil der Rest des die hemmende Kraft entwickelnden Organs nur noch durch mangelhafte Leitungen auf das Kopfmark und Rückenmark einwirken kann.“ Man sieht, Hr. Goltz denkt nach der Hirnverstümmelung ebensowenig, wie nach der Rückenmarksdurchschneidung, an eine wahre Erhöhung der Reflexerregbarkeit, sondern bleibt dabei und spinnt immer den Faden fort, dass es bloss um ein Zutagetreten der normalen Erregbarkeit sich handle, indem Hemmungen in Wegfall kommen. Für ihn sind es nur an der Stelle derjenigen Hemmungen, welche das unversehrte Tier, wenn es will, vom Grosshirn her wirken lassen kann, nach der Hirnverstümmelung oder Rückenmarksdurchschneidung die Hemmungen infolge der Wundheilung, welche die normale Reflexerregbarkeit nicht zur Erscheinung kommen lassen. Noch in seiner jüngsten Abhandlung³⁾ über den grosshirnlosen Hund müssen die letzteren Hemmungen ihre Rolle spielen, und zwar nicht bloss durch viele Wochen, sondern sogar durch viele Monate hindurch. So lange die nachteilige dauernde Reizwirkung auszuüben, werden die Eiterung der Wundflächen, welche bei glattester Ausschneidung von Hirnabschnitten nicht immer zu vermeiden sei, der Vernarbungsprozess und auch noch der Erweichungsprozess der hinter der Wunde gelegenen Hirnteile herangezogen. Immer-

1) Pflügers Arch. **26**. 1881. 11.

2) Ebenda **34**. 1884. 483—4.

3) Ebenda **51**. 1892. 603—6. — Vergl. auch aus der Goltzschen Schule: Schrader, Arch. f. experim. Pathologie **29**. 1891. 62, 106.

hin findet doch endlich schon Hr. Goltz selber die zum Teil sehr lange Dauer der Hemmungsvorgänge „merkwürdig“, so dass er die Möglichkeit einer anderen Auffassung „nicht vollständig ablehnen“ will.

Ich habe es für überflüssig gehalten, früher darauf aufmerksam zu machen, will aber in Rücksicht auf die Goltzschen Bemerkungen doch noch hinzufügen, dass auch bei der Totalexstirpation der Extremitätenregionen der Fortfall von Hemmungsnerven, welche vom Gehirn zum Rückenmark ziehen, selbst wenn dieselben ständig tätig wären, für die Zunahme, welche die Reflexerregbarkeit nach der Vernarbung der Wunde erfährt, nicht von Bedeutung sein könnte, weil die Zunahme immer eine ganz allmähliche ist. Es lässt sich mithin in unserem Ansteigen der Reflexerregbarkeit wiederum nichts anderes sehen, als der Ausdruck von Isolierungsveränderungen, wie sie oben S. 31 charakterisiert wurden. Diese neuen Isolierungsveränderungen ordnen sich dann sehr gut mit den alten zusammen. Wir fanden das Maximum, welches die Reflexerregbarkeit erreicht, wenn wir mit Drücken der Zehen prüften, am grössten nach der tiefen, kleiner nach der hohen Querdurchschneidung des Rückenmarks, noch kleiner nach der beiderseitigen und am kleinsten nach der einseitigen Totalexstirpation der Extremitätenregionen. Wir sahen ferner das Taktschlagen in der grössten Ausbildung nach der tiefen, in geringerer nach der hohen Querdurchschneidung des Rückenmarks und beobachteten es nicht mehr nach unseren Hirnverletzungen; Hr. Goltz hat es noch nach der Exstirpation des ganzen Grosshirns gefunden. Wir sahen endlich den Kratzreflex in vollkommenster Ausbildung nach der hohen Querdurchschneidung des Rückenmarks, in schwächerer Ausbildung nach der beiderseitigen und in geringster Ausbildung nach der einseitigen Totalexstirpation der Extremitätenregionen; die HH. Gergens und Goltz fanden denselben Reflex sehr ausgebildet nach beiderseitiger, weniger nach einseitiger Durchspülung des Grosshirns. Nach alledem steigt die Reflexerregbarkeit des betrachteten Rückenmarksstückes desto weniger an, je mehr vom übrigen Zentralnervensystem mit ihm in natürlicher Verbindung blieb. Gerade so aber stand es von den Isolierungsveränderungen zu erwarten; denn welche tiefere Bedeutung auch den Veränderungen zukommen möge, als Folgen des Abgetrenntseins nervöser Zentralsubstanz müssen sie desto grösser sein, je mehr die Verbindungen zwischen dieser Substanz und dem übrigen Zentralnervensystem aufgehoben sind.

Verwundern kann nur, dass unsere so wenig umfangreiche Rindenabtragung verhältnismässig so grosse Isolierungsveränderungen nach sich zieht. Es darf ebenso befremden, dass derselben Abtragung so grosse Hemmungen folgen. Aber nach beiden Richtungen beseitigt das Auffällige eine weitere Umschau. Im Gegensatz zu den Beinreflexen ist

an den Kopf-, Hals- und Rumpflexen nach der Totalexstirpation der Extremitätenregionen keinerlei Abweichung von der Norm zu konstatieren. Unsere Hirnverletzung beeinflusst also durchaus nicht alle Reflexzentren des Markes gleichmässig, sondern hat die erkannten Folgen bloss für die Reflexzentren der gegenseitigen Extremitäten. Andererseits wiederum unterliegen ebendiese Zentren den erkannten Folgen nicht nach allen Rindenexstirpationen, sondern ausschliesslich dann, wenn die Extremitätenregionen exstirpiert sind. Denn tragen wir ebenso grosse und noch grössere Partien der Grosshirnrinde an den Hinterhauptslappen, den Schläfenlappen, den Kopf- und Halsregionen der Scheitellappen, den Stirnlappen ab, so bleiben die Beinreflexe des normalen Tieres unverändert bestehen. Die Totalexstirpation der Extremitätenregionen erscheint darnach hier in ihren Folgen gleichwertig der Totalexstirpation der Hemisphäre. Und weiter ist daraus zu entnehmen, dass die Extremitätenregionen und die Reflexzentren der gegenseitigen Extremitäten in einer besonderen engsten Beziehung zu einander stehen, zwischen ihnen Verbindungen existieren, wie sie sonst weder zwischen den Extremitätenregionen und anderen Reflexzentren, noch zwischen den Reflexzentren der Extremitäten und anderen Partien der Grosshirnrinde vorhanden sind. Der Unterbrechung dieser besonderen Verbindungen sind die Isolierungsveränderungen zuzuschreiben, welchen nach der Totalexstirpation der Extremitätenregionen die Reflexzentren der zugehörigen Extremitäten unterliegen, der Reizung dieser besonderen Verbindungen an der Unterbrechungsstelle bei der Wundheilung die anfängliche Hemmung, welche dieselben Zentren erfahren.

So sehen wir uns durch die Prüfung, an welche wir oben S. 27 herantraten, zu wertvoller Einsicht geführt. Die sehr geringe Grösse der Reflexerregbarkeit und ihre allmähliche Zunahme, welche nach den Hirnverstümmelungen zur Beobachtung gekommen waren, hatte Hr. Goltz darauf zurückgeführt, dass die Reflexzentren eine Hemmung erfuhren und mit deren allmählichem Abklingen ihre normale Funktion wiedergewannen. Die Vorgänge der Wundheilung führten nach ihm eine Reizung der Nachbarschaft der Verstümmelung herbei, und diese Reizung veranlasste die Hemmung auf Leitungsbahnen, welche des weiteren unbestimmt blieben, nur dass auf ihnen, wie auf anderen Leitungsbahnen, auch die hemmende Kraft des unversehrten Grosshirns zur Wirkung kommen sollte, wenn dieses die Reflexe beherrscht und hemmt. Darnach war unsere Veränderung der Reflexerregbarkeit nach der Totalexstirpation der Extremitätenregionen, zumal nachdem wir schon die Berührungsreflexe ausgesondert hatten, nur als eine unvermeidliche Unvollkommenheit der Versuche anzusehen und lieferte keine Belehrung weiter über die Leistungen der Extremitätenregionen. Jetzt wissen wir, dass von einer Unvollkommen-

heit unserer Versuche im Goltzschen Sinne nur für eine erste Zeit nach der Hirnverletzung die Rede sein kann, und finden selbst durch diese Unvollkommenheit die Leistungen der Extremitätenregionen erhellt. Die Extremitätenregionen, durch besondere Leitungsbahnen mit den Reflexzentren der gegenseitigen Extremitäten verknüpft, üben auf diese Zentren durch die Bahnen in der Norm einen zweifachen Einfluss aus: sie bewirken, dass die Zentren auf der Erregbarkeit verharren, welche sie am unversehrten Tiere besitzen, und nicht die beträchtlichere Erregbarkeit gewinnen, welche sie, von der Verbindung mit den Extremitätenregionen befreit, in selbständiger Entwicklung allmählich anzunehmen vermögen; und sie hemmen die Tätigkeit der Zentren, wenn von der Grosshirnrinde her eine Hemmung der Reflexe der betreffenden Extremitäten erfolgt.

Das Ergebnis bringt in Erinnerung, dass einst Hr. Setschenow¹⁾ am Frosche, auf grund von Hirn-Durchschneidungen und -Reizungen, Hemmungsfasern von Hemmungsmechanismen aus, welche in den Thalami und Lobi optici und in der Medulla oblongata gelegen sein sollten, zu den Reflexzentren des Rückenmarks ziehen liess und, indem er für diese Hemmungsfasern in der Norm eine schwache tonische Erregung annahm, die Reflexverstärkung nach dem Köpfen des Frosches erklärte. Später hat Hr. Setschenow selber die Annahme der tonischen Erregung seiner Hemmungsfasern widerlegt und die Reflexverstärkung nach dem Köpfen auf die Reizung des Rückenmarksquerschnittes zurückgeführt.²⁾ Trotzdem hat sich die Setschenowsche Lehre in ihrer ursprünglichen Form erhalten und wird an die Existenz der Setschenowschen Hemmung neben der willkürlichen Hemmung gedacht.³⁾ Ich will deshalb bemerken, dass das Ansteigen der Reflexerregbarkeit, welches sich bei unserer Untersuchung ergab, keinesfalls von dem Fortfallen einer tonischen Erregung Setschenowscher Hemmungszentren oder Hemmungsfasern sich ableiten lässt, weil es nicht rasch der Unterbrechung der Leitungsbahnen folgt, sondern noch nach der Vernarbung der Wunde in langer Zeit ganz allmählich statthat. Im übrigen ist die Setschenowsche Hemmung, wie die Dinge zur Zeit liegen, viel zu dunkel, als dass sie sich in eine nützliche Beziehung zu unseren Ermittlungen setzen liesse.

Zu betrachten bleibt endlich noch die andere Veränderung der

1) Physiologische Studien über die Hemmungsmechanismen für die Reflextätigkeit des Rückenmarks im Gehirne des Frosches. Berlin 1863.

2) Setschenow und Paschutin, Neue Versuche am Hirn und Rückenmark des Frosches. Berlin 1865.

3) L. Hermann, Lehrbuch der Physiologie. 10. Aufl. Berlin 1892. 413, 419.
— L. Landois, Lehrbuch der Physiologie des Menschen. 7. Aufl. Wien 1891. 775.

Gemeinempfindlichkeit, welche sich nach der Totalexstirpation der Extremitätenregionen zeigt: die anfangs sehr grosse Herabsetzung und die allmähliche Zunahme der Schmerzempfindlichkeit der zugehörigen Extremitäten. Hr. Goltz hat hierin gleichfalls Hemmungserscheinungen gesehen, dabei aber nicht, wie bei der Hemmung der Reflexe, ausgeführt, wie er sich das Zustandekommen der Hemmung denkt; und wir werden über Annahmen, welchen eine tatsächliche Unterlage fehlen würde, nicht in unfruchtbare Erörterungen einzutreten brauchen. Da der Hund nach dem Verluste der linken Extremitätenregionen die Schmerzempfindungen von den rechten Extremitäten her nicht für die Dauer eingebüsst hat, so ist es klar, dass das Entstehen dieser Schmerzempfindungen nicht an jene Extremitätenregionen gebunden ist. Andererseits müssen dieselben Extremitätenregionen doch in hohem Grade an dem Entstehen derselben Schmerzempfindungen beteiligt sein: denn nach der Totalexstirpation der linken Extremitätenregionen finden sich die Veränderungen der Schmerzempfindlichkeit bloss an den rechten Extremitäten, nicht aber am Kopfe, am Halse, am Rumpfe oder an den linken Extremitäten; und wiederum erfährt die Schmerzempfindlichkeit der rechten Extremitäten bloss dann die Veränderungen, wenn die linken Extremitätenregionen exstirpiert sind, nicht aber, wenn ebenso grosse oder grössere Exstirpationen andere Rindenpartien betroffen haben. Beides zusammen ist nur verständlich, wenn die Schmerzempfindungen von den Extremitäten her in erster Linie in den gegenseitigen Extremitätenregionen entstehen, aber auch ausserhalb derselben entstehen können. So versteht es sich dann auch, dass die Schmerzempfindlichkeit zuerst nach unserer Verletzung sehr herabgesetzt ist und allmählich zunimmt: für die verlorenen Extremitätenregionen tritt bezüglich der Schmerzempfindungen anderswo Ersatz ein, aber derselbe stellt sich, wie die allmähliche Zunahme beweist, nur schwer her. Und auch unvollkommen ist der Ersatz; denn das Maximum, welches in unseren Versuchen die Schmerzempfindlichkeit bei ihrem Wachsen erreicht, bleibt immer wesentlich hinter der normalen Schmerzempfindlichkeit zurück.

Man wird darnach schwerlich fehlgehen, wenn man in der Norm, so lange der Schmerz nicht eine gewisse Grösse überschreitet, die Extremitätenregionen für den ausschliesslichen Ort der Schmerzempfindungen von den gegenseitigen Extremitäten her ansieht. Mit Sicherheit behaupten lässt es sich freilich nicht. Wohl kommt es vor, dass an dem Hunde zunächst nach Ablauf der Narkose von den geschädigten Extremitäten her gar keine Reaktion zu erzielen ist; aber dann ist auch die Umgebung der Exstirpationsstelle infolge von Erschütterung, Zirkulationsstörung usw. in ihren Funktionen gestört, und sobald die Umgebung wieder normal funktioniert, ist Schmerzempfindung vorhanden. An grösseren Schmerzen werden in der Norm auch grössere Partien der Rinde be-

teilt sein. Welche Partien es sind und in welcher Ausdehnung überhaupt die Rinde zu Schmerzempfindungen befähigt ist, muss vorerst dahingestellt bleiben. Natürlich wird im Bereiche der letzteren Ausdehnung der Ersatz für die verlorenen Extremitätenregionen bezüglich der Schmerzempfindungen statthaben. Der Extremitätenregionen der anderen Hemisphäre bedarf es für den Ersatz nicht; denn nach der beiderseitigen Totalexstirpation der Extremitätenregionen stellt sich die Schmerzempfindlichkeit der Extremitäten nicht anders wieder her, wie nach der einseitigen Totalexstirpation, höchstens etwas langsamer. Aber wenn die anderen Extremitätenregionen vorhanden sind, scheinen sie eine bevorzugte Rolle bei dem Ersatze zu spielen: wenigstens weiss ich nicht anders die Beobachtung (S. 23) zu deuten, dass hin und wieder einmal ein Hund, der die linken Extremitätenregionen verloren hatte, bei verbundenen Augen, nachdem die Klemme an einen rechten Fuss angelegt war, den Kopf gegen die linken Füße hin bewegte. Bemerkenswert ist, dass dabei der Kopf immer sogleich wieder zurückging und nie die linken Füße wirklich erreichte, wie es doch regelmässig sofort geschah, wenn die Klemme an einen linken Fuss angelegt war. Ein paarmal ist es mir auch begegnet, dass ein solcher Hund, wenn einige Monate seit der Operation verflossen waren, einige Zeit nachdem die Klemme an den rechten Vorderfuss gelegt war — im Falle des Hinterfusses habe ich es nie gesehen — und nachdem er inzwischen gelaufen war oder das hochgezogene Vorderbein heftig hin und her bewegt hatte, mit dem Kopfe an das rechte Vorderbein ging und andauernd Unterschenkel und Fuss mit Schnauze und Zunge untersuchte und beleckte. Der Hund befasste sich immer zunächst mit der medialen Seite des Beines in grossem Abstände von der Klemme, und je nach der Ausdehnung, welche er seiner Untersuchung gab, und nach der zufälligen Lage der Klemme fand er das eine Mal die Klemme, das andere Mal fand er sie nicht. An Hunden, welche beide Extremitätenregionen verloren hatten, habe ich öfters beobachtet, dass sie bei verbundenen Augen, wenn ich die Klemme an einem Vorderfusse liegen liess, schliesslich mit Ausdauer entweder Hals, Brust und Vorderbeine oder auch nur abwechselnd beide Vorderbeine untersuchten und beleckten, bis ich die Klemme abnahm. Trotz der Mitwirkung des Zufalls gerieten diese Hunde aber höchst selten zuerst an das angegriffene Vorderbein, und so lange sie auch suchten, fanden sie fast nie die Klemme. Ich halte dafür, dass man mit aller Schmerzempfindung ungefähr so grobe, ungenaue und undeutliche Lokalzeichen verbunden annehmen muss, wie sie die Schmerzempfindungen der Knochen und Eingeweide besitzen. Durch die Totalexstirpation der Extremitätenregionen gehen alsdann die Lokalzeichen der Schmerzempfindungen von den zugehörigen Extremitäten her verloren;

und sie stellen sich bei dem Ersatze, welchen die Extremitätenregionen bezüglich der Schmerzempfindungen erfahren, in der Regel nicht wieder her, weil sie zu sehr verdunkelt oder verfälscht werden durch diejenigen Lokalzeichen, welche an den Ersatzstellen der Rinde die dort von früherher und naturgemäss entstehenden Schmerzempfindungen besitzen.

Indem unsere Ermittlungen darüber nichts aussagen, wo und wie innerhalb der Extremitätenregionen die Schmerzempfindungen von den gegenseitigen Extremitäten her zustande kommen, stehen sie nicht im Gegensatz zu der Lehre, dass Tast- und Schmerzeindrücke der Haut auf verschiedenen Bahnen des Rückenmarks dem Gehirn zugeleitet werden, da ja für gewisse Fälle Hinterstrangsbahnen und Bahnen der grauen Substanz wieder in derselben Rindenpartie zusammentreffen können; sie legen freilich den Gedanken nahe, dass man bei den Versuchen am Rückenmark ebensowohl Berührungs- und Schmerzempfindungen, wie geringeren und grösseren Schmerz noch nicht ausreichend auseinandergehalten hat. Auch sind unsere Ermittlungen nicht unvereinbar mit Hrn. Goltz' neuester Anschauung¹⁾, nach welcher dem grosshirnlosen Hunde „Empfindungen und Stimmungen“, Schmerz, Zorn und dergl. mehr zukommen. Solche Anschauung setzt in den hinter dem Grosshirn gelegenen Teilen des Zentralnervensystems eine Art von niederem Bewusstsein voraus, von der wir nicht nur keine Kenntnis haben, sondern auch nicht einmal eine Vorstellung uns machen können, und ist, wie die Erörterungen über die sogenannte „Rückenmarksseele“ längst genugsam gelehrt haben, weder zu beweisen noch zu widerlegen; wer sie hegt, sollte nur folgerichtig in allen Reflexen, auch in dem einfachsten Zurückziehen des gekniffenen Beines, in der Pupillarreaktion auf Lichteinfall in das Auge usw. den Ausdruck von Empfindungen sehen. Dagegen handelt es sich bei den von uns betrachteten Schmerzempfindungen immer um Vorgänge desjenigen Bewusstseins, das wir kennen. Und dass wir, indem wir diese Schmerzempfindungen dem Grosshirn zuwiesen, nicht einer Täuschung verfielen, das setzen unsere Ergebnisse selber ausser Zweifel. Der Hund ohne Grosshirn winselt, quiekt, miefte, bellt, heult je nach der Art und Stärke des mechanischen Angriffs, und man mag darin den Verdruss und den Unwillen, den Aerger, den Zorn und die Wut seiner niederen Seele zum Ausdruck kommen sehen. Unser Hund lässt wohl auch seine Stimme hören, sobald ich ihm die Zehen des geschädigten Beines stark genug drücke; aber in der Regel wendet er schon vorher bei schwächerem Drucke, manchmal noch ehe die Beine zucken, unter Verziehen des Mundes Kopf und Augen dem ihn haltenden Wärter zu und verrät mit dem wie flehentlichen Blicke auf den für

1) Pflügers Arch. 51. 1892. 598—600, 573, 590, 596.

ihn sorgenden Freund die Empfindungen des Bewusstseins, das er mit uns teilt. Darnach ist auf Schmerzempfindungen, wie wir sie verstehen, mit Sicherheit zu schliessen, natürlich ohne dass Unlust und Schmerz streng zu scheiden sind.

Ich darf es mir zum Schlusse nicht ersparen, noch auf die andere Goltzsche Angabe¹⁾ zu sprechen zu kommen, nach welcher der Hund ohne Grosshirn den „Tastsinn“ noch besass, der nur merkbar abgestumpft war; und ich will die Angabe sogleich in ihrem ganzen Umfange betrachten, um mich nicht später nochmals mit ihr beschäftigen zu müssen. Die Angabe ist die einfache logische Folge des grundsätzlichen Fehlers, den Hr. Goltz von Anfang an beging, dass er Sinnesempfindung und Gemeingefühl nicht unterschied²⁾ und überall und immer die „Empfindung“ abgestumpft sein liess. Nur einmal hat Hr. Goltz³⁾ wider Hrn. Schiff zu beweisen gesucht, dass ein Hund, welcher vor längerer Zeit „die linke motorische Zone“ verlor, „an keinem Punkte seiner Haut die Berührungsempfindung eingebüsst hat“: der Hund sollte, im Fressen gestört, die leiseste Berührung der rechten Körperhälfte regelmässig mit unverkennbaren Zeichen des Unwillens beantworten, und selbst ein so milder Tastreiz, wie das Auseinanderblasen der Haare, sollte sofort wahrgenommen werden. Doch musste der Beweis sofort verunglückt erscheinen, da Hrn. Goltz' eigene Angaben nicht nur nicht die Entfernung der ganzen „motorischen Zone“ dartaten, sondern sogar es höchstwahrscheinlich machten, dass gerade ein in Rücksicht auf die Prüfungen wichtigster Teil der Zone erhalten geblieben war⁴⁾. Hr. Goltz

1) Pflügers Arch. **51**. 1892. 609, 576.

2) Vergl. Grosshirnrinde 60 Anm. 38.

3) Pflügers Arch. **34**. 1884. 465—6.

4) Die Hunde der hier in Betracht kommenden Gruppe hatten nach Goltz (Pflügers Arch. **34**. 1884) „eine sehr grosse und tiefe Zerstörung der erregbaren Zone links“ erfahren (S. 460) oder „den grössten Teil der sogenannten motorischen Zone eingebüsst“ (S. 463). Dazu hatte Goltz die Bemerkung vorausgeschickt (S. 460): „Bei der Schilderung der Erscheinungen, welche nach einer ausgedehnten und tiefen Zerstörung der erregbaren Zone auftreten, habe ich es nicht nötig, in jedem Falle genau die Grenzen des Zerstörungsgebietes anzugeben, weil ich mich überzeugt habe, dass es für den Ablauf der Störungen durchaus nicht wesentlich ist, um wieviel Millimeter der hintere Rand der Zerstörung hinter dem Sulcus cruciatus zu liegen kommt.“ Nun war nach Goltz nur „in dem am besten gelungenen Falle“ „der Gyrus sigmoideus vollständig mit abgetragen“ (S. 459), und dass gerade dieser Fall zu den im Texte erwähnten Beobachtungen geführt hatte, war nicht gesagt. Konnte man schon daraus entnehmen, dass die Beobachtungen an Hunden gemacht waren, welche ein Stück des Gyrus sigmoideus noch besaßen, so wurde dasselbe so gut wie zur Gewissheit durch Goltz' Angaben bei den „doppelt vorn in grosser Ausdehnung und Tiefe operirten Hunden“ (S. 468). Hier war nach Goltz nicht nur ebensowenig „irgend ein Punkt (des) Körpers der Empfindung beraubt“, wie sich „mit Hilfe derselben

ist denn auch später bei den Hunden, welchen er eine oder beide Hemisphären abgetragen hatte, auf den „Kunstgriff, mittelst dessen er schlagend beweisen“ konnte, „dass Hunde ohne motorische Zone noch Proben von sehr feiner Tastempfindung geben können“, auf die Prüfung beim Fressen nicht wieder zurückgekommen und hat jetzt umgekehrt die Unempfindlichkeit gegen Anblasungen als Beweis für die Abstumpfung des Tastsinnes beschrieben¹⁾. Sehen wir nun zu, worauf Hr. Goltz neuerdings seine Behauptung stützen kann, dass der „Tastsinn“ abgestumpft, aber erhalten war, so stossen wir bei dem Hunde, welchem die linke Hemisphäre entfernt war, auf folgendes: „Dagegen ist es leicht festzustellen, dass die Empfindung in der ganzen rechten Körperhälfte bei ihm herabgesetzt ist. Drückt man ihm die Vorderpfote rechts, so bedarf es einer grösseren Kraft, um ihm eine Schmerzensäusserung zu entlocken, als wenn man ihm die linke Vorderpfote drückt. Kein Punkt seiner Haut ist aber ohne Empfindung. Stärkeren Druck, oder gar das Stechen mit einer Nadel, beantwortet er stets durch Abwehrbewegungen, Schmerzensschreie und endlich durch Beissen, welche Stelle der rechten Körperhälfte man auch angreifen mag“²⁾. Ausserdem ist nur noch bemerkt³⁾, dass, wenn man die Falltür sinken liess, auf welcher der Hund mit der rechten Vorder- oder Hinterpfote stand, die Pfote mitsank und das Tier dies erst spät merkte. Und von dem Hunde, der 18 Monate ohne Grosshirn gelebt hatte, finden wir angegeben⁴⁾, dass er mit stimmlichen Aeusserungen, Strampeln, Beissen nach rechts und nach links reagierte, wenn man ihn irgendwo, sei es an den Gliedmassen, sei es am Rumpfe oder dem Kopfe etwas derb anfasste oder gar aus dem Käfig herauszuheben versuchte, wenn man ihn an irgend einer Hautstelle zerrte oder drückte, wenn man eine Gliedmasse vom Körper wegzog, wenn eine Pfote der sinkenden Falltür eine Weile gefolgt war, wenn der Hund bei seinen Wanderungen an einen Gegenstand unsanft anstiess. Ausdrücklich wird gesagt, dass die Fähigkeit, zielbewusst den Ort der

Proben beweisen“ liess, sondern es bestand sogar eine sehr ausgesprochene Ueberempfindlichkeit der Haut (S. 469—70). An diesen Hunden war aber nicht eine „so weit nach hinten liegende Durchquerung des Gehirns“ zur Ausführung gekommen, wie in jenem „am besten gelungenen“ Falle (S. 467). Und bei dem einzigen Versuche dieser Gruppe, bei welchem die Verletzung an der Hirnrinde näher bezeichnet ist, liest man geradezu, dass „das linke Vorderhirn bis zum Sulcus cruciatus weggenommen und die rechte Hirnhälfte „in dem Sulcus cruciatus durch einen queren Schnitt durchtrennt“ war, und dass die Sektion bestätigte, dass „das ganze vor dem Sulcus cruciatus gelegene Vorderhirn“ fehlte (S. 470—1).

1) Pflügers Arch. 42. 1888. 422—3; 51. 1892. 576.

2) Ebenda 42. 1888. 422.

3) Ebenda 423.

4) Ebenda 51. 1892. 572—5, 590, 608.

Belästigung zu finden, dem Hunde offenbar abging¹⁾. Ferner wurden ausser den Reflexbewegungen des Taktschlagens und des Kratzens, von welchen schon oben die Rede war, beobachtet²⁾: Schütteln bei Berührung der Haare in der Mittellinie des Rückens, Herausstrecken der Zunge und Beissbewegungen bei Kratzen an der Schwanzwurzel, Gähnbewegung bei Streichen am Halse, Anschmiegen des Kopfes an die Hand bei Streichen über die Wangenhaut, Kaubewegungen bei Druck auf die Wangenschleimhaut oder bei Pressen der Wangen gegen die Zahnreihen. Von zwei weiteren Hunden, welche 51 und 92 Tage ohne Grosshirn lebten, erwachte der eine und hob den Kopf, als eine Decke, unter der er schlief, abgehoben wurde, und wurde bei dem anderen eine Fliege, die sich auf den Kopf setzte, durch Schütteln des Kopfes verjagt³⁾. Die Reinigung führte bei allen Hunden zu Bellen, Strampeln, Umsichbeissen. Nach der Gesamtheit dieser Angaben kann aber offenbar nur dann von „Tastsinn“ nach Verlust der Hemisphäre die Rede sein, wenn man, wie Hr. Goltz, Berührung und Druck „Tastreize“ nennt und daraus, dass solche „Tastreize“ überhaupt Folgen haben, ohne weiteres das Vorhandensein des „Tastsinns“ erschliesst. In der Wahrheit haben, wie ich nach dem Voraufgegangenen nicht weiter auszuführen brauche, den Goltz'schen Hunden die mit Lokalzeichen verbundenen Berührungsempfindungen und die Berührungsreflexe durchaus gefehlt; erhalten war bloss die Gemeinempfindlichkeit, soweit sie zu Gemeinreflexen führt, und für diese Reflexe war — entsprechend unseren Erfahrungen — besonders nach dem Verluste beider Hemisphären die Reflexerregbarkeit erhöht.

5.

Beim Affen finden sich die Folgen der Totalexstirpation der Extremitätenregionen wieder, die wir beim Hunde kennen gelernt haben; nur ist hier die Untersuchung durch das sprödere Material erschwert. Man kann die Hunde der Reihe nach, wie sie dem Laboratorium zugeführt sind, für die Exstirpationen verwenden, und man trifft äusserst selten auf ein Tier, das durch Wildheit oder Dummheit oder Unempfindlichkeit für die geschilderten Prüfungen unbrauchbar ist. Dagegen fallen unter den Affen alle wilden und scheuen Tiere so gut wie ganz für die in Rede stehende Untersuchung aus, weil sie, wie ich es nach meinen ersten Versuchen angab⁴⁾, bei jeder Annäherung sich zu ungebärdig verhalten und, wenn man sie festhält, alles in voller Apathie über

1) Pflügers Arch. 51. 1892. 574.

2) Ebenda 576—7.

3) Ebenda 596.

4) Grosshirnrinde 53.

sich ergehen lassen; man muss deshalb zufrieden sein, wenn man bei ihnen durch die Ausnutzung günstiger Momente hin und wieder einmal die Folgen von Berührung und Druck zu sehen bekommt. Um diesen Folgen regelmässig nachgehen zu können, muss man sich an zahme Tiere halten, wie sie unter den Makaken, die ich mit Vorliebe benutzte, häufig genug vorkommen. Zumal solche Affen, welche nach einiger Zeit unter stets freundlicher Behandlung und häufiger Fütterung mit Leckerbissen recht zutraulich oder sogar anhänglich geworden sind und ohne alle Aengstlichkeit sich frei in den Laboratoriumsräumen herumbewegen, geben ein vorzügliches Versuchsmaterial ab. Immer aber bleibt bei der Durchführung der Untersuchung im Auge zu behalten, dass ein zu gewaltsames Vorgehen die Tiere leicht scheu und widerwillig und damit für die Folge unbrauchbar machen kann. Man tut deshalb insbesondere gut daran, die Affen nicht öfter als nötig in die Hände zu nehmen; und das kann hier auch z. B. für solche Fälle, in welchen der Hund senkrecht emporgehalten werden muss, meist unterbleiben, weil der Affe, wie er innerhalb und ausserhalb des Käfigs sitzt oder an den Gitterstäben des Käfigs hängt, schon oft genug Gelegenheit zur entsprechenden Prüfung von Händen und Füssen bietet.

So vollkommen ist die Uebereinstimmung zwischen Hund und Affen, dass ich, was oben für den Hund ausgeführt wurde, jetzt für den Affen einfach zu wiederholen hätte bis auf einige Abweichungen, auf welche ich deshalb allein eingehe. Ich habe Durchschneidungen des Rückenmarks beim Affen nicht unternommen. Auch habe ich hier nur mittels Drückens der Finger oder Zehen die Veränderungen verfolgt, welche die Reflexerregbarkeit für Gemeinreflexe erfuhr. Diese wächst nach der Totalexstirpation der Extremitätenregionen während ebenso langer oder sogar noch längerer Zeit, als beim Hunde, an; und wenn es auf den ersten Blick den Anschein hat, als ob sie weniger die Norm überstiege, so rührt das nur daher, dass der Affenhaut in der Norm eine geringere Gemeinempfindlichkeit zukommt als der Hundehaut. Für die Prüfungen mit Klemmen habe ich diese den Affen immer unversehens bei abgelenkter Aufmerksamkeit angelegt, weil das Verschliessen der Augen und noch dazu mit Klebepflaster, das man hier benutzen muss, die Tiere zu sehr aufregt und zu böse macht. Der Affe nimmt nach der Totalexstirpation der linken Extremitätenregionen die Klemme von dem linken Fusse mittels der linken Hand und von der linken Hand mittels des Mundes ab, jedesmal sofort nachdem die Klemme angelegt worden ist und indem er auf das Geschickteste mit den Fingern oder dem Munde die Klemme trifft. Wird aber die Klemme an der rechten Hand oder dem rechten Fusse angebracht, so fährt der Affe nur zusammen, indem Rumpf und Glieder zucken, und verzieht das Gesicht, strampelt allen-

falls noch ein wenig oder läuft davon, kümmert sich jedoch weiter gar nicht um die Klemme; erst wenn er dieselbe später zufällig sieht, entfernt er sie mit der linken Hand. Für längere Zeit verursachte die Klemme nie dem Affen Schmerz, unzweifelhaft wiederum wegen der geringeren Schmerzempfindlichkeit der Affenhaut gegenüber der Hundehaut.

Je klarer aber danach der Sachverhalt erscheint, der durch die vorgegebenen Versuche, ich darf sagen, an jedem zahmen Affen sich erweisen lässt, desto mehr drängt sich die Frage auf, wie es denn mit Hrn. Ferriers Behauptung steht, dass Verletzungen des sogenannten motorischen Rindengebietes beim Affen keine Empfindungsstörungen nach sich ziehen. Zu der Hartnäckigkeit und der unerschütterlichen Sicherheit, mit welchen Hr. Ferrier seit 1875¹⁾ aller Orten diese Behauptung vertrat, sehen wir von vorneherein ihre tatsächliche Unterlage in einem merkwürdigen Gegensatz stehen; denn nichts weiter lag der Behauptung zugrunde als die Beobachtung, dass ein Affe, welchem ein Stück der linken Extremitätenregionen kauterisiert war, in den nächsten Stunden nach der Operation auf Stechen oder Kneipen der rechten Extremitäten Schmerzempfindung zeigte²⁾. Erst 1884 kommen vier Versuche hinzu, bei welchen die HH. Ferrier und Yeo³⁾ nach der Kauterisation dreimal einer kleineren, einmal einer grösseren Partie des sogenannten motorischen Rindengebietes an der Konvexität einer Hemisphäre, dann und wann während der längeren Lebensdauer der Affen meist Schmerzempfindung, manchmal Berührungsempfindung an den gegenseitigen Extremitäten oder keinen Unterschied in den Empfindungen zwischen linken und rechten Extremitäten konstatierten. Und daran schliessen sich endlich noch 1888 ein paar Versuche, bei welchen die HH. Horsley und Schäfer⁴⁾ nach Kauterisationen oder Exstirpationen im Bereiche der Extremitätenregionen — meist nur kleinen, einer einzigen grösseren — gleichfalls keine Empfindungsstörung fanden. Aber auch die Gesamtheit dieser Versuche bietet der Ferrierschen Behauptung keine Stütze dar. Es ist richtig, dass nach so kleinen Verletzungen, wie sie bei der grossen Mehrzahl der Versuche herbeigeführt waren, Empfindungsstörungen der

1) Philos. Transact. of the R. Soc. of London 1875, II. 444, 487.

2) Ebenda 443, 446. Bei den beiden anderen Versuchen am motorischen Rindengebiet, welche die Mitteilung noch enthält, ist von einer Prüfung der Empfindung nicht die Rede. Bei dem einen Versuche war das motorische Rindengebiet der Konvexität nach der Ausführung von Reizversuchen der Entzündung und Eiterung überlassen worden; bei dem anderen Versuche war eine kleine Partie der Armregion kauterisiert, und der Affe starb nach etwa einer Stunde.

3) Ebenda 1884, II. 510—20.

4) Ebenda 1888, B. 26—8, 31, 33.

in Rede stehenden Art in der Regel nicht zur Beobachtung kommen¹⁾; ob die Störungen überhaupt nicht vorhanden sind oder sich nur nicht konstatieren lassen, kann hier dahingestellt bleiben. Dagegen ist, dass auch in den wenigen Fällen, in welchen die Verletzungen grösser waren, solche Empfindungsstörungen nicht gefunden wurden, bloss der unzureichenden Untersuchung zuzuschreiben. Wo, wie in diesen Fällen, sehr unvollkommene Zerstörungen von Arm- und Beinregion vorliegen, bedarf es für den Nachweis der Empfindungsstörungen systematischer und genauer, Ort und Zeit berücksichtigender Prüfungen: und derartige Prüfungen waren nie vorgenommen worden. So wiederholte sich beim Affen der Fehler, in welchen Hr. Bechterew bei Hund und Katze verfallen war²⁾; und dazu gesellte sich noch der andere Fehler, den Hr. Goltz bei der Untersuchung des Hundes beging. Denn auch Berührungs- und Schmerzempfindung, Berührungs- und Gemeinreflex, welche doch ein durchaus verschiedenes Verhalten zeigen, waren bei den Prüfungen nicht auseinandergehalten worden. Daher konnte es gar nicht anders sein, als dass die „Empfindlichkeit“ erhalten schien; daher musste es, wo unverkennbar die Empfindungsstörungen sich offenbarten, zu einer solchen Verwirrung bezüglich der „Empfindlichkeit“ kommen, wie sie recht handgreiflich die neuesten Horsley-Schäferschen Ausführungen³⁾ dartun, nach welchen sogar infolge jener Rindenzerstörungen die Reflexhemmung seitens des Hirns, anstatt verloren, für die Dauer erhöht sein soll. Will man jedoch selbst von jenen Mängeln der Untersuchung absehen, so berechtigten die spärlichen Versuche mit ihren beschränkten Verletzungen immer nur zu dem Ausspruche, dass nach solchen Verletzungen mit den Störungen der Bewegung Empfindungsstörungen nicht einherzugehen brauchen. Dass Verletzungen des sogenannten motorischen Rindengebietes aber keine Empfindungsstörungen nach sich ziehen oder⁴⁾ ausschliesslich Störungen der willkürlichen Bewegung ohne Beeinträchtigung der Empfindung zur Folge haben, war in ihrer Allgemeinheit, wie sie entstand und aufrechterhalten wurde, unter allen Umständen eine unbegründete Behauptung.

Doch wollen wir mit dieser Erkenntnis uns noch nicht zufrieden geben. Man kann sich schwer zu glauben entschliessen, dass einzig und allein auf jene Versuche hin die Behauptung sollte aufgestellt und allen Widersprüchen gegenüber festgehalten worden sein; und man braucht auch nicht lange danach zu suchen, was anderes mit dafür bestimmend

1) Vergl. Grosshirnrinde 37—8, 48.

2) S. oben 21.

3) Ph. Tr. 1888, B. 15—6, 24.

4) S. oben 12.

war. Hr. Ferrier hat 1875 nach der Zerstörung der Ammonshornregion Anästhesie und Analgesie der entgegengesetzten Körperhälfte gefunden¹⁾; und seine weitere Untersuchung 1884 hat ihm die Bestätigung dafür geliefert, dass die Ammonshornregion das sensible Zentrum enthält.²⁾ Die HH. Horsley und Schäfer haben dann 1888 noch den Gyrus fornicatus dem Zentrum hinzugefügt, so dass nach ihnen der ganze Lobus falciformis (der grosse Lobus limbicus von Broca) „in hohem Masse, wenn nicht ausschliesslich, an der Wahrnehmung der Berührungs- und Schmerzempfindungen beteiligt ist“.³⁾ Da es dergestalt schon ein sensibles Zentrum gab, durfte die Existenz eines zweiten sensiblen Zentrums in dem Scheitellappen ausgeschlossen oder zum mindesten überflüssig scheinen. Deshalb wollen wir noch zusehen, welche Bewandtnis es mit den Angaben bezüglich des Lobus falciformis hat.

Für Hrn. Ferriers Untersuchung der Ammonshornregion reicht die einfache Durchsicht der Versuche aus, um über die Eingriffe, die Beobachtungen, die Schlüsse das richtige Urteil gewinnen zu lassen. Hr. Ferrier hat, wo er mit glühendem Drahte oder mittels ähnlicher Massnahmen die Ammonshornregion zerstörte, nichts anderes als die gemeinen Folgen einer rohen Verstümmelung der Hemisphäre zu sehen bekommen: Folgen, wie man sie immer wiederfindet, ob man vorn oder hinten, oben oder unten die Hemisphäre angreift, wofern nur der Angriff grob genug ist, um die Hemisphäre, sei es in ganzer Ausdehnung, sei es zu einem grossen Teile in Mitleidenschaft zu ziehen. Bei einer gewissen Grösse der Schädigung der Hemisphäre sind Sehen und Hören, Bewegung und Empfindung, soweit sie von dieser Hemisphäre abhängen, für einige Zeit aufgehoben, bei geringerer Schädigung sind sie mehr oder weniger gestört: und so war es auch bei den Ferrierschen Versuchen, wie es gerade für Bewegung und Empfindung die Beobachtungen deutlich erkennen lassen; — auf die Sehstörungen ist wegen der Verstümmelung, welche der Hinterhauptslappen erfahren hatte, nur wenig Gewicht zu legen, und die Hörprüfungen waren zu beschränkt und unvollkommen. Meist war der Angriff so arg, dass der Affe in den ersten Tagen starb, und dort zeigten sich die grössten Bewegungs- und Empfindungsstörungen, entweder von vorneherein oder mit der Ausbildung der verhängnisvollen Entzündung und Erweichung. War der Angriff weniger arg, so kamen nur geringere Bewegungs- und Empfindungsstörungen zur Beobachtung, und sie bildeten sich dann auch an dem überlebenden Affen so rasch

1) Ph. Tr. 1875, II. 453—71.

2) Ebenda 1884, II. 532—64.

3) Ebenda 1888, B. 20—4, 27, 39—44. — S. auch Schäfer: Brain 10. 1888. 378—80.

zurück, dass sie schon in wenigen Tagen verschwunden waren. Gerade umgekehrt aber hat Hr. Ferrier die letzteren Versuche für die weniger gelungenen oder unvollkommenen, die ersteren Versuche für die besser gelungenen oder vollkommenen aufgefasst; er hat in Verbindung damit über das rasche Verschwinden der Empfindungsstörungen sich einfach hinweggesetzt; er hat die Bewegungsstörungen, welche die Affen zeigten, indem sie auf die der Verletzung gegenüberliegende Seite fielen und die dortigen Extremitäten gar nicht oder ungeschickt beim Gehen, Greifen usw. bewegten, einzig und allein aus dem Grunde, dass nicht eine vollkommene Lähmung und Erschlaffung der Glieder bestand, für Folgen des Verlustes des Muskelsinnes erklärt: und so war das sensible Centrum in der Ammonshornregion nachgewiesen. Kein Wunder daher, dass, wo man nachmals mit besseren Methoden Zerstörungen der Ammonshornregion ausführte, schon die Ferrierschen Beobachtungen sich nicht bestätigen liessen. Die HH. Luciani und Fasola¹⁾ haben von Empfindungsstörungen nichts gesehen. Und auch die HH. Horsley und Schäfer fanden weder Bewegungs- noch Empfindungsstörungen, nachdem die Affen den Shock der Operation überwunden hatten.²⁾ Selbst als sie auf Hrn. Ferriers Veranlassung die Verletzung, soweit nur möglich oder erträglich, ausdehnten, traten bloss manchmal und bloss vorübergehend Empfindungsstörungen auf, welche sie ebendeshalb durch die Funktionsstörung anderer Hirnteile, wie sie so grosse Hirnverletzungen immer im Gefolge haben müssen, erklären mochten.³⁾ Dass sie trotzdem schliesslich neben dem Gyrus fornicatus auch die Ammonshornregion einen, wenn auch geringen Anteil an der Wahrnehmung sensibler Eindrücke nehmen liessen⁴⁾, ist sichtlich nur dem Einfluss zuzuschreiben, den Hr. Ferrier auch auf diese Untersuchung zum Nachteil der Sache gewann.⁵⁾

Die Ermittlung der HH. Horsley und Schäfer, dass nach Zerstörung der Rinde des Gyrus fornicatus Empfindungsstörungen bestehen, kann ich nach eigenen Versuchen bestätigen. Aber dass die Empfindungsstörungen Folgen der Verletzung jenes Gyrus sein sollen, dem ist nicht beizustimmen. Um in der Tiefe des Sulcus longitudinalis am Gyrus fornicatus operieren zu können, muss man eine beträchtliche Partie der Extremitätenregionen freilegen, Venen unterbinden, welche von diesen Regionen zum Sinus longitudinalis ziehen, und dort auch die Hemisphäre mit dem stumpfen Haken oder besser mit dem Messerstiele von der Falx fort zur Seite drücken; so dass eine Schädigung des sogenannten moto-

1) Riv. sperim. di Freniatria, Ann. II. 1885. 445—70.

2) Ph. Tr. 1888, B. 20.

3) Ebenda 21.

4) Ebenda 23.

5) Vergl. Grosshirnrinde 297—8 Anm.

rischen Rindengebietes ganz unvermeidlich ist. Wohl leiten die HH. Horsley und Schäfer ihre Erörterungen damit ein¹⁾, dass sie in mehreren Fällen ansehnliche Partien der Rinde des Gyrus fornicatus ohne Verletzung anderer Teile oder nur mit einer geringen Beleidigung des Gyrus marginalis entfernt haben wollen; doch widersprechen dem schon — den Versuch 42 ausgenommen — ihre eigenen Angaben über die Befunde und ihre Abbildungen, und lehren vollends die Bewegungsstörungen, welche bei allen Versuchen vorkamen, dass stets eine wesentliche Schädigung des motorischen Rindengebietes erfolgt war.²⁾ Ob von dieser Schädigung neben den Bewegungs- auch die Empfindungsstörungen herrühren, ist mithin die Frage, die zu entscheiden ist.

Die HH. Horsley und Schäfer verneinen die Frage auf grund, wie sie sagen³⁾, der Versuche, bei welchen keine begleitende Paralyse vorhanden war, und auch anderer Versuche, bei welchen die Hemi-anästhesie am Arme und an der oberen Rumpfpartei wohlausgesprochen war, während das (paretische) Bein keine Verringerung der Empfindlichkeit zeigte. Indes finden sich unter ihren Versuchen solche der ersteren Art nur dann, wenn sie die Paralysen, von welchen sie bei den Versuchen im Bereiche des motorischen Rindengebietes sprechen, den Paresen, von welchen bei den Versuchen am Gyrus fornicatus die Rede ist, haben gegenüberstellen wollen: und da dürfte es doch, selbst wenn es immer dort Paralysen, hier Paresen gäbe — was nicht der Fall ist —, nur selbstverständlich sein, dass Exstirpationen motorischer Rinde grössere Bewegungsstörungen mit sich bringen können, als Schädigungen derselben Rinde durch Freilegung, Druck, Zirkulationsstörung. Oder man müsste beim Versuch 37 mit den HH. Horsley und Schäfer glauben wollen, dass der viel seltenere Gebrauch, welchen der Affe von der rechten Hand machte, bloss darauf beruhte, dass durch die Verletzung des Gyrus fornicatus die Tastempfindung des rechten Armes verloren war: während doch die gleiche Störung der Armbewegung oft nach kleinen Exstirpationen im Bereiche der Armregion zur Beobachtung kommt und gerade auch dann, wenn in der Gegend exstirpiert wurde, in welcher beim Versuch 37 die Erweichung an der Konvexität der Hemisphäre bestand. Weiter kann als Versuch der zweiten Art allein Versuch 39 gemeint sein, bei welchem am Tage nach der Operation,

1) Ph. Tr. 1888, B. 22.

2) Von den Affen, an welchen von Horsley und Schäfer der Gyrus fornicatus zerstört worden war, hat später France in sechs Fällen das Zentralnervensystem untersucht und in allen Fällen eine ausgedehnte sekundäre Degeneration der Pyramidenbahn gefunden (ebenda 1889, B. 331).

3) Ebenda 1888. 22—3.

während das paretische Bein schön empfindlich war, der paretische¹⁾ Arm auf Berührungseindrücke gar nicht, auf Schmerzeindrücke schwer reagierte und dieser Arm noch nach Wochen eine verringerte Empfindlichkeit zeigte; — ein Versuch beiläufig, bei welchem die Abbildung den Gyrus marginalis in hohem Masse, vielleicht nicht weniger als den Gyrus fornicatus, und besonders gerade in der Armregion verletzt erkennen lässt. Aber dass die Beweglichkeit der Körperteile und ihre Empfindlichkeit in verschiedenem Grade gestört sind und die Empfindlichkeit das eine Mal mehr, das andere Mal weniger gelitten hat, findet man auch nach Verletzungen des motorischen Rindengebietes, die sich über mehrere Regionen erstrecken und nur einen Teil von jeder Region betroffen haben. Ganz davon zu schweigen, dass noch öfter der Anschein jenes Verhaltens dadurch entsteht, dass, während die Bewegungsstörungen ins Auge fallen, die Empfindungsstörungen nur bei grosser Sorgfalt und selbst so nicht immer gut festzustellen sind. Demgemäss fallen die vermeintlichen Gründe, die Frage zu verneinen, fort; und mit den Horsley-Schäferschen Versuchen vereinigen sich dann die meinigen, die Frage bejahen zu lassen.

Ich habe nach den Exstirpationen der Rinde des Gyrus fornicatus ausnahmslos Bewegungs- und Empfindungsstörungen zusammen gefunden an Arm und Bein der anderen Seite; und zwar ebensolche und ebenso mit der Zeit abnehmende Störungen, wie man sie nach partiellen Exstirpationen der Extremitätenregionen sieht. Einmal waren solche Störungen auch am Kopfe vorhanden, aber dieselben waren schon vor Ablauf des zweiten Tages nach der Operation verschwunden. Die Exstirpationen nahmen etwas hinter dem Balkenknie ihren Anfang und erstreckten sich bis in den Lobus quadratus (Praecuneus) hinein; in zwei Fällen reichten sie nach vorn bis über das Balkenknie hinaus. In einem dieser letzteren Fälle war die Rinde in der ganzen Breite des Gyrus fornicatus exstirpiert; sonst war der dem Balken nächste schmale Streifen der Rinde erhalten. An der freigelegten Hirnpartie fand ich mindestens Adhärenzen der Pia und leicht verfärbte Rindenstellen; meist zeigten sich festere Verwachsungen, oberflächliche Erweichungen, kleine hügelartige Erhebungen und talartige Einsenkungen am Gyrus marginalis und an der benachbarten Partie der Konvexität. Dazu hatte noch, wie Querschnitte durch die Hemisphäre lehrten, die Exstirpation öfters am Sulcus calloso-marginalis und dicht unter demselben die Markleiste gestreift, in welcher die Fasern der Corona radiata zu den eben genannten Teilen der Rinde verlaufen. Mit den Exstirpationen am Gyrus fornicatus sind also immer, nur bald mehr bald weniger, Schädigungen der Ex-

1) „Es besteht einige Muskelparese der ganzen rechten Seite“ (ebenda 42).

tremitätenregionen verbunden; und weil Verletzungen dieser Regionen nachweisbar nicht bloss Bewegungs-, sondern auch Empfindungsstörungen zur Folge haben, sind auf jene Schädigungen ebensowohl die Empfindungs- wie die Bewegungsstörungen zurückzuführen, welche nach den Exstirpationen am Gyrus fornicatus auftreten. Beobachtungen, aus welchen auf die Funktion der Rinde des Gyrus fornicatus sich schliessen liesse, findet man seitens der HH. Horsley und Schäfer nicht gemacht, und auch ich kann von solchen nicht berichten.¹⁾

Mithin existiert weder ein sensibles Zentrum beim Affen im Lobus falciformis, noch wird durch Verletzungen des sogenannten motorischen Rindengebietes die Empfindung beim Affen nicht beeinträchtigt. Richtig ist nichts weiter, als dass nach gewissen beschränkten Verletzungen der Extremitätenregionen Empfindungsstörungen nicht zu konstatieren sind. Das gilt aber ebenso, wie für den Affen, auch für den Hund und hat sich nur deshalb beim Affen mehr bemerklich gemacht, weil dessen Extremitätenregionen eine viel grössere Ausdehnung haben als die des Hundes, so dass durch kleine Exstirpationen, wenn sie beidemal von gleicher absoluter Grösse sind, beim Affen verhältnismässig nur wenig, beim Hund verhältnismässig schon viel von den Extremitätenregionen entfernt wird. Woher es rührt, dass die Empfindungsstörungen, die nach grösseren Verletzungen der Extremitätenregionen so deutlich hervortreten, nach kleinen Verletzungen schwer oder gar nicht bemerklich sind, wird später Aufklärung finden; dass wir die Frage einstweilen offen lassen, kann der Erkenntnis, um welche es sich zur Zeit handelt, dass die Extremitätenregionen im grossen und ganzen der Empfindung dienen, keinen Eintrag tun.

Gleichmässig also bei Hund und Affen stellen sich die näheren Beziehungen der Extremitätenregionen zu den gegenseitigen Extremitäten dar. In den Extremitätenregionen kommen die Berührungs- oder Druckempfindungen und die Berührungs- oder Druckwahrnehmungen der zugehörigen Extremitäten zustande, und an sie sind auch die Berührungsreflexe dieser Extremitäten gebunden; so dass mit dem völligen Untergang der Regionen jene Empfindungen und Wahrnehmungen, wie diese Reflexe für immer verloren sind. Von den Extremitätenregionen ist ferner die Schmerzempfindlichkeit der zugehörigen Extremitäten abhängig, wahrscheinlich ausschliesslich, so lange der Schmerz nicht eine gewisse Grösse überschreitet, immer aber hauptsächlich; so dass nach dem

1) An dem viel bequemer zugänglichen Lobus quadratus habe ich die Rinde recht ausgedehnt und sogar beiderseits exstirpieren können, ohne dass sich irgendwelche Störungen bemerklich machten. Auch Horsley und Schäfer sahen von der Abtragung der Rinde eines Lobus quadratus keinen Erfolg (a. a. O. 36, Vers. 27 Läsion 2).

völligen Untergang der Extremitätenregionen jene Schmerzempfindlichkeit zunächst sehr herabgesetzt ist und nur allmählich und unvollkommen sich wiederherstellt, indem andere Rindenpartien als Ersatz der untergegangenen eintreten. Die Extremitätenregionen halten endlich mittels besonderer Leitungsbahnen, welche von ihnen zu den Reflexzentren der zugehörigen Extremitäten führen, und zwar ohne dass der Vorgang der Erregung in diesen Leitungsbahnen statthat, die genannten Reflexzentren auf derjenigen niederen Grösse der Erregbarkeit, welche denselben in der Norm am unversehrten Tiere zukommt, und welche die Regionen noch zeitweilig herabzusetzen vermögen; so dass nach dem völligen Untergang der Extremitätenregionen die Erregbarkeit jener Reflexzentren sich über die Norm erhebt bis zu einem Maximum, auf welchem sie verharret. Aber damit ist die Bedeutung der Extremitätenregionen für die zugehörigen Extremitäten noch nicht erschöpft; und wir gewinnen neue Aufschlüsse, wenn wir den Folgen der Totalexstirpation der Extremitätenregionen in anderer Richtung nachgehen.

III.

Ueber die Fühlsphären der Grosshirnrinde.

Zweite Mitteilung.

(Sitzungsberichte der Berliner Akademie der Wissenschaften 1893. 759—81.)

6.

Wir wenden uns den Störungen in den Bewegungen zu und stossen hier sogleich auch nach der Totalexstirpation der Extremitätenregionen auf das auffällige ungleiche Verhalten der Tiere, welches man nach Verletzungen der Extremitätenregionen beobachtet hat, dass einige Zeit nach der Verstümmelung Affen an den gegenseitigen Extremitäten eigenartige Kontrakturen zeigen, nicht aber Hunde. Wir finden jedoch weiter, was man bisher anscheinend nicht bemerkt und jedenfalls nie beachtet hat, dass auch unter den Affen selbst das ungleiche Verhalten wiederkehrt, indem nicht etwa bei Affen verschiedener Arten, sondern bei Affen derselben Art, so bei *Macacus cynomolgus*, an welchen wir uns für diese Untersuchungen heften, neben den Tieren mit den eigenartigen Kontrakturen andere vorkommen, welche solche Kontrakturen nicht zeigen. Beiderlei Affen und der Hund sind deshalb gesondert zu betrachten, und wir wollen mit dem Affen beginnen, der frei von den Kontrakturen bleibt.

Nach der Totalexstirpation der einen, sagen wir wiederum der linken Extremitätenregionen sind Haltung und aktive Beweglichkeit sonst überall am Körper des Affen normal, aber an den rechten Extremitäten verändert. Diese Extremitäten verhalten sich für die erste kurze Zeit ganz wie bewegungslose Anhängsel des Rumpfes: schlaff hängen sie der Schwere folgend herab oder verharren sie in der gerade gegebenen Lage, in welcher sie ausreichend unterstützt sind, wenn der Affe ruht, und rein passiv werden sie mitgeführt, wenn der Affe sich bewegt. Dann treten aktive Bewegungen an ihnen auf, ähnlich den Bewegungen, welche diese Extremitäten, als das Tier noch unversehrt war, unter den gleichen Umständen ausgeführt hatten, und nehmen die anfangs nur kleinen und beschränkten Bewegungen mit der Zeit an Grösse und Ausdehnung zu.

Aber doch bleibt die aktive Beweglichkeit der rechten Extremitäten für die Dauer erheblich zurück gegen die entsprechende Beweglichkeit, welche dieselben Extremitäten am normalen Affen besaßen.

Beim Gehen des Affen werden in der Regel schon am zweiten Tage nach der Operation, wenn an das rechte Bein und den rechten Arm die Reihe kommt, Oberschenkel und Oberarm aktiv vorbewegt, nur weniger weit als normal; die unteren Glieder der Extremitäten werden noch passiv auf dem Rücken von Hand und Fuss nach vorn geschleift, so dass der Affe häufig umfällt. Demnächst werden die Bewegungen von Oberarm und Oberschenkel ausgiebiger, und aktive Bewegungen von Vorderarm und Unterschenkel verbinden sich mit ihnen; der Arm kommt auf den Rücken der Hand oder der Finger, das Bein auf die Sohle des Fusses und Rücken oder Sohle der Zehen zu stehen, und weil Hand und Fuss leicht abgleiten, fällt der Affe noch zuweilen um. Wieder in den folgenden Tagen schliessen sich auch aktive Bewegungen von Hand und Fuss an, und der Affe geht alsdann mit den rechten Extremitäten im grossen und ganzen wie mit den linken, aber ungeschickter. Hin und wieder wird die Hand zu hoch gehoben und schlägt schallend auf oder bleibt in der Luft; hin und wieder geht der Arm zu wenig nach vorn und bleibt die Hand, die mehr oder weniger lange schleift, schliesslich in verkehrter Stellung ein Stück gegen die Norm am Boden zurück. Das Bein schreitet manchmal zu wenig aus, so dass der Fuss am Boden schleift und schliesslich mit den Zehen aufsteht; manchmal wird das Bein zu hoch gehoben und wird der Fuss zu weit nach vorn aufgesetzt. Daher streift auch mitunter der Fuss den Arm oder hält gar, indem er, am Arme herunterfahrend, in die Höhlung der sich eben abwickelnden Hand gerät, die Hand am Boden fest, wodurch der Affe stolpert und selbst fällt. Zumal dann tritt so der Fuss auf die Hand, wenn zugleich das rechte Bein, wie es zuweilen geschieht, abnorm rasch nach dem linken Beine sich in Bewegung setzt, so dass das Bild des Hüpfens entsteht. Das Gehen bessert sich während der nächsten Wochen, indem die Ungeschicktheiten immer seltener werden, aber völlig verlieren sich dieselben nie; sie stellen sich gelegentlich immer wieder ein, besonders zu Anfang und zu Ende des Gehens oder wenn der Affe im Gehen eine Wendung macht.

Leidenschaftlich erregt, in Angst und Furcht oder gierig nach der Nahrung, läuft der Affe oder geht er rasch; und dann werden schon zu derselben Zeit, zu welcher beim gewöhnlichen langsamen Gehen, das wir vorhin verfolgten, die unteren Glieder der rechten Extremitäten noch passiv geschleift werden und der Affe öfters umfällt, alle Glieder der rechten Extremitäten aktiv derart bewegt, dass der Affe, ohne zu stolpern oder zu fallen, vorwärtskommt. Später läuft der Affe so gut, dass

während des Laufens kein Unterschied zwischen rechts und links zu bemerken ist und höchstens einmal eine Art von Hüpfen eintritt, indem die Bewegung des rechten Beines zu rasch der des linken nachfolgt. Aber zu Anfang des Laufens und vollends zu Ende desselben, sei es dass der Affe zum Stehen kommt, sei es dass das Laufen in das gewöhnliche Gehen übergeht, treten wiederum die Ungeschicktheiten auf, wie wir sie kennen lernten.

Stellt sich der Affe frei im Zimmer aus dem Sitzen oder Stehen aufrecht, gelockt durch hoch vorgehaltene Nahrung, so tritt zuerst mit der sich streckenden Wirbelsäule ausschliesslich das linke Bein in Tätigkeit, aber schon am zweiten oder dritten Tage nach der Operation strecken sich zugleich Ober- und Unterschenkel des rechten Beines, wenn auch wenig kräftig, mit. Das rechte Bein steht nunmehr lose auf dem Fusse und gleitet leicht ab, weshalb der Affe noch öfters umfällt. Später gesellt sich die Streckung des rechten Fusses hinzu und wächst allmählich die Streckung aller Glieder, so dass nach einigen Wochen das rechte Bein wohl manchmal ungeschickter, z. B. mit schief seitwärts gerichtetem Fusse oder mit dem Rücken aufliegenden Zehen, aber doch kaum weniger fest auf dem Boden steht als das linke. Man kann in der Folge gelegentlich einmal beobachten, dass der aufgerichtete Affe das linke Bein nach vorn verstellt oder sogar hochhebt, ohne umzufallen.

Greift der Affe, indem er sich frei im Zimmer hochstellt, mit der linken Hand nach der hoch vorgehaltenen Speise, so bewegt sich zugleich der rechte Arm und geht, wenn erst einige Tage seit der Operation verflossen sind, nach hinten, später nach vorn, doch zunächst nur wenig und unter aktiver Bewegung des Oberarms allein oder allenfalls noch des Vorderarms. Weiterhin geht der rechte Arm allmählich mehr nach vorn, der Vorderarm wird immer mehr gebeugt, und es bewegen sich auch, wenn der Affe heftig mit der linken Hand zfasst, die rechte Hand und die rechten Finger, die sich mitunter zur Faust schliessen. Nach einigen Wochen kann, wenn der Affe aufgeregt ist, die rechte Hand ebenso weit nach vorn und oben kommen wie die linke, nur greift sie immer geradezu in die Luft und nicht nach der Speise. Aehnlich ist es, wenn der Affe sich an dem aus Vertikalstäben bestehenden Gitter des Käfigs, am Tischfusse, am hohen Topfe, am Beine des Menschen u. dergl. m. aufrichtet und mit der linken Hand einen Gitterstab, den Tischfuss usw. fasst. Geht auch schon der rechte Arm weit nach vorn, so stösst doch zunächst die rechte Hand stets ins Blaue hinein, selbst wenn sie einen Gitterstab, den Tischfuss usw. streift. Und wenn dann der aufrecht stehende Affe in Gier oder Lust oder Aerger, meist unter Schreien, strampelt, wird wohl mit der Muskulatur des Rumpfes, der

Beine und des festhaltenden linken Arms auch die Muskulatur des rechten Armes in allen Gliedern desselben tätig, aber fährt doch dieser Arm immer nur ziel- und zwecklos auf- und abwärts durch die Luft. Erst später tritt es ein und am ehesten und häufigsten, wenn der Affe in Aufregung ist, dass, wenn bei jenen Bewegungen zufällig die rechte Hand auf einen Gitterstab, den Tischfuss, den Rand des Topfes usw. trifft oder die rechten Finger mit ihrer Hohlseite dieselben Gegenstände berühren, Hand oder Finger sich an- oder umlegen, bald lose, bald fester und meist ungeschickt, wie wir es sogleich beim Klettern genauer sehen werden.

Zum Klettern des Affen, das man am besten am Gitter innerhalb und ausserhalb des Käfigs beobachtet, kommt es in der Regel erst mehrere Tage nach der Operation und für eine erste Zeit ausschliesslich mittels der linken Extremitäten. Die rechten Extremitäten, besonders der Arm, bewegen sich anfangs gar nicht oder nur schwach; und auch wenn sie schon mit ihren oberen Gliedern grössere Bewegungen machen, so fahren sie doch regelmässig zwischen den Stäben durch, selbst wenn Hand und Fuss auf ihrem Wege an einen Stab geraten. Das ändert sich erst, wenn weiterhin die unteren Glieder sich stärker bewegen, wenn am durchgefahrenen Bein die Zehen sich kräftig beugen, etwas später am durchgefahrenen Arm die Hand sich fest zur Faust schliesst und die nutzlos in der Luft verbliebenen Extremitäten hin und her fahren, manchmal unter wiederholten Beugungen und Streckungen der Finger- und Zehenglieder, wie wenn sie eine Anheftung suchten. Dann legen sich Hand und Fuss, der letztere noch eher als die erstere, wenn sie gerade auf einen Stab stossen, an denselben an, doch wie sie der Zufall hat herangelangen lassen, in den mannigfaltigsten Stellungen. Nur selten wird der Stab auf die normale Weise von rechts her zwischen dem Daumen und den anderen Fingern in die Faust gefasst oder zwischen der grossen und den übrigen Zehen umklammert. Am häufigsten kommt der Stab zwischen die 2. und 3. oder die 3. und 4. oder die 4. und 5. Finger oder Zehen zu liegen; und entweder sind dann alle Finger oder Zehen leer in sich geschlossen, so dass nur die einander zugewandten Seiten zweier Finger oder Zehen den Stab berühren, oder es umgeben bald diese, bald jene Finger oder Zehen mit der Hohlseite den Stab, während die anderen mit dem Rücken demselben anliegen. Zuweilen umgreifen, bei leer geschlossenem Daumen, statt der Hand die übrigen Finger den Stab; mitunter wird der Stab, statt von rechts, von links her mit der Hand umfasst; u. dergl. mehr. Hand und Fuss greifen dabei nur vorübergehend fest an und liegen, sobald der Affe mit dem Klettern einhält, so lose am Stabe, dass sie oft an ihm herunter-, ja ganz von ihm abgleiten. Der Affe bleibt auch nur eine kleine Weile

am Gitter hängen und kehrt jedesmal bald auf den Boden zurück. Während der folgenden Wochen bessert sich noch das Klettern allmählich, indem die rechte Hand und der rechte Fuss sowohl seltener den Stab verfehlen, als auch durch längere Zeit den Stab fest umschlossen halten. Der Affe kann dann lange ruhig am Gitter hängen und gelegentlich ohne Gefahr die linke Hand, z. B. um Nahrung zu greifen, für einige Zeit vom Gitter entfernen. Darüber hinaus geht aber die Besserung nicht. Auch wenn viele Monate verflossen sind, legen sich die rechte Hand und der rechte Fuss noch immer in den mannigfaltigsten Stellungen an und treten dann und wann immer wieder auch die anderen Ungeschicktheiten auf, dass der Arm oder das Bein zwischen den Stäben durchfährt oder, das Gitter gar nicht erreichend, in der Luft hängen bleibt und die Hand oder der Fuss nach dem festen Zufassen wieder lose wird und abggleitet.

Von selber, d. h. ohne nachweisbaren äusseren Anlass habe ich den Affen nicht eher klettern sehen, als etwa 4 Wochen nach der Operation, wo er schon längere Zeit am Gitter hängen bleiben konnte. Von da an klettert er, je später, desto mehr von selber, aber im ganzen doch selten und sehr wenig im Vergleich mit dem unversehrten Affen. Vorher klettert der Affe so, wie ich es beschrieb, wenn in der Höhe befindliche Nahrung ihn lockt. Ist er mehr aufgeregt, ist er besonders gierig nach einem Leckerbissen, vor allem ist er in Furcht, so klettert er jederzeit nicht bloss rascher, sondern auch besser, indem er die rechten Extremitäten zwar nicht geschickter, aber fester anlegt und seltener die Stäbe verfehlt. In höchster Angst auf der Flucht kletternd, kann der Affe schon am 3. Tage nach der Operation mit dem rechten Fusse, schon am 4. oder 5. Tage mit der rechten Hand, wenn sie gerade auf einen Stab stossen, diesen fest umfassen.

Beim Springen des Affen und bei dem vielerlei Strampeln, wenn der Affe gefallen ist, wenn man ihn auf die Seite oder den Rücken gelegt hat, wenn man ihn an der Kette hält und hebt, wenn man ihn gewaltsam aus dem Käfig zerrt oder vom Gitter losreisst u. dergl. m., bieten die rechten Extremitäten im wesentlichen dasselbe Verhalten dar. Auch in diesen Fällen nehmen ihre Bewegungen mit der Zeit zu, wächst ihre Beteiligung an der Leistung, bleiben Unvollkommenheiten ihrer Tätigkeit zurück. Und so laufen für alle Gemeinschaftsbewegungen der rechten Extremitäten, d. h. für alle Bewegungen derselben, welche zusammen, in Verbindung oder in der Reihe, mit Bewegungen anderer Körperteile erfolgen, die Beobachtungen darauf hinaus, dass nach einer anfänglichen Bewegungslosigkeit von kurzer Dauer die rechten Extremitäten ihre früheren Bewegungen wieder aufnehmen und sie allmählich immer besser ausführen, bis, wenn 6—8 Wochen nach der Operation

vergangen sind, nur gewisse Ungeschicktheiten in den Bewegungen übrig bleiben, welche dann für die Dauer fortbestehen.

Anders ist es mit denjenigen Bewegungen der rechten Extremitäten, welche nicht Gemeinschaftsbewegungen sind, den isolierten Bewegungen oder Sonderbewegungen derselben.

Wir kennen bereits die Gemeinreflexe der rechten Extremitäten infolge von Druck auf Hand und Fuss, für welche es in den ersten Tagen nach der Operation eines sehr starken, dann durch etwa zwei Monate eines immer schwächeren, schliesslich aber immerhin noch einiges Druckes bedarf, und bei welchen jederzeit auf den geringsten wirksamen Druck bloss die oberen, erst auf grösseren Druck mit diesen die unteren Glieder der betroffenen Extremität tätig werden.¹⁾ Solche Reflexe kann man auch durch anderweitigen Angriff der Extremitäten, z. B. Stechen von Oberschenkel, Unterschenkel usw. erzielen. Ferner zeigen sich Kratzreflexe. Ich habe einmal an einem Affen, der sich auf den Rücken gelegt hatte und sich von seinem Käfiggenossen krauen liess, jedesmal, dass die Finger des Genossen eine Stelle rechterseits am unteren Rande des Brustkorbes in der Gegend der Mammillarlinie in Angriff nahmen, wiederholte Bewegungen des rechten Beines wie zum Kratzen beobachtet; und ich habe auch an ein paar, wie mir schien, besonders empfindlichen Affen durch wiederholtes Streichen der Haut an der bezeichneten Stelle denselben Erfolg herbeiführen können. Es kommen also Sonderbewegungen der rechten Extremitäten als Gemeinreflexe oder Rückenmarksreflexe vor, und es mögen deren bei weiterem Suchen noch mehr als die obigen sich finden lassen.

Aber sonst fehlen Sonderbewegungen der rechten Extremitäten durchaus und für immer. Von der Fülle solcher Bewegungen, welche rechter Arm und rechtes Bein und auch deren Glieder, besonders am Arm, beim unversehrten Affen zeigen, kommt nach der Totalexstirpation der linken Extremitätenregionen nie mehr eine Spur zur Beobachtung. Selbst in höchster Not bleiben die Bewegungen aus. Ist der Affe auf der Flucht im Klettern gehemmt, weil eine oder beide rechte Extremitäten zwischen den Stäben durchgefahren und sei es zu weit nach vorn oder nach der Seite gekommen, sei es an einen Querstab geraten sind, so wirft er den Rumpf nach hinten und dreht ihn um die linksseitige Fixation, bis die rechten Extremitäten soweit zurückgeholt sind, dass er das Klettern fortsetzen kann. Ist der Affe durch das Abgleiten des rechten Fusses oder der rechten Hand oder gar beider im Hängen am Gitter gefährdet, indem er sinkt oder nach hinten überneigt oder um die linksseitige Fixation sich dreht, so führt er kräftige Bewegungen des

1) S. oben 24, 47.

Rumpfes und aller vier Extremitäten und neue Kletterbewegungen aus, bis rechte Hand und rechter Fuss wieder den Stab gefasst haben. Und derart erfolgen in allen Fällen, damit die rechten Extremitäten in andere Lagen kommen, weit verbreitete Körperbewegungen; auch wenn rechte Hand und rechter Fuss dicht am Stab sich befinden oder sogar noch lose denselben umgeben, werden sie nicht anders als unter Bewegungen des Rumpfes und der linken Extremitäten von neuem zur Befestigung gebracht. Man kann sich davon beliebig oft überzeugen, da bei dem ruhig am Gitter hängenden Affen ohne Widerstand desselben auch künstlich die schlimmen Lagen sich herbeiführen lassen, indem man die rechte Hand und den rechten Fuss vom Stabe ablöst. Im Gegensatz dazu sieht man, wenn man ebenso mit der linken Hand und dem linken Fusse verfährt, diese jedesmal sofort, nachdem man sie freigelassen hat, bloss durch Bewegungen der linken Extremitäten, ja, wenn sie noch in der Nähe des Stabes geblieben waren, ausschliesslich durch Bewegungen von Hand und Fuss von neuem angelegt werden.

Das sind die Störungen in den Bewegungen, welche uns neue Aufschlüsse über die Extremitätenregionen geben.

Wir nannten oben¹⁾ Reflexzentren der Extremitäten die im Rückenmark gelegenen Zentren, welche ohne Zutun des Gehirns auf reflektorische Erregung isolierte Bewegungen der Extremitäten herbeiführen. Wenn dieselben isolierten Bewegungen am unversehrten Tiere anders, als auf dem Wege des Rückenmarksreflexes, zustande kommen, so müssen wir darin das Wirken derselben Zentren sehen, nur dass deren Erregung diesmal vom Gehirn veranlasst ist. Nun finden wir durch den Verlust der Extremitätenregionen der einen Seite die isolierten Bewegungen der Extremitäten der anderen Seite, soweit es sich nicht um Gemeinreflexe oder Rückenmarksreflexe handelt, für die Dauer fortgefallen. Es muss also beim unversehrten Tiere, damit jene bezeichneten Bewegungen erfolgen, immer und ausschliesslich von den Extremitätenregionen die Erregung der Reflexzentren der zugehörigen Extremitäten veranlasst werden. Wir wissen auch schon¹⁾, dass die Extremitätenregionen durch besondere Leitungsbahnen mit den Reflexzentren der zugehörigen Extremitäten verbunden sind. Mittels dieser Leitungsbahnen sahen wir oben²⁾ die Extremitätenregionen, ohne dass der Vorgang der Erregung in den Leitungsbahnen statthat, die Reflexzentren der zugehörigen Extremitäten auf derjenigen niederen Grösse der Erregung halten, welche dieselben in der Norm am unversehrten Tiere besitzen. Dazu kommt jetzt, dass mittels der Erregung dieser Leitungsbahnen die Extremitätenregionen die Reflex-

1) S. oben 29—40, 47, 55.

2) S. oben 55.

zentren der zugehörigen Extremitäten in Erregung setzen. Denn für den einen und den anderen Fall verschiedene Leitungsbahnen anzunehmen, liegt nicht der mindeste Grund vor.

Doch damit, dass die Extremitätenregionen die Reflexzentren der gegenseitigen Extremitäten erregen, ist es offenbar nicht genug. An dem der Extremitätenregionen beraubten Affen können wohl auf dem Wege des Gemeinreflexes alle Glieder des betroffenen Armes oder Beines in Bewegung kommen, doch für sich allein kann bloss das oberste Glied tätig werden, jedes andere Glied ist mit seiner Tätigkeit an die Tätigkeit der dem Rumpfe näheren Glieder gebunden; und nachweislich verbreitet sich jedesmal mit dem Wachsen der peripherischen Reizung und damit der das Reflexzentrum treffenden Erregung die Bewegung von dem obersten Gliede aus immer weiter über die unteren Glieder der Extremität. Am unversehrten Affen dagegen sehen wir die Bewegung der unteren Glieder der Extremität ebensowohl unabhängig von der Bewegung der oberen Glieder, wie in Verbindung mit letzterer auftreten und auch jedes untere Glied für sich allein tätig werden. Daraus ist zu entnehmen: dass das Reflexzentrum der Extremität aus kleineren Gliedzentren, wie sie heissen mögen, je einem (Beuge- oder Streck-) Zentrum für jedes Glied der Extremität, sich zusammensetzt, welche durch Leitungsbahnen in derselben Reihenfolge mit einander verbunden sind, wie die Glieder sich an einander schliessen; und dass die gegenseitigen Extremitätenregionen auch unmittelbar jedes dieser Gliedzentren in Erregung setzen können. Von den Extremitätenregionen müssen Leitungsbahnen zu jedem einzelnen Gliedzentrum führen, während die sensiblen Fasern oder Zellen des Rückenmarks ausschliesslich mit demjenigen Gliedzentrum in direkter Verbindung stehen müssen, welches die Bewegung des obersten Gliedes der Extremität veranlasst.

Ein besonders interessantes Beispiel geben hier im Gegensatz zu den Gemeinreflexen oder Rückenmarksreflexen der Extremitäten die Bewegungen derselben ab, welche ich als Berührungsreflexe bezeichnet habe.¹⁾ Sie treten, wie wir uns erinnern, nach der Totalexstirpation der Extremitätenregionen nie mehr an den gegenseitigen Extremitäten auf und stellen sich am unversehrten Affen so dar, dass, wofern nicht gerade die Extremität als Stütze dem Boden aufruht, der Berührung von Fingern oder Zehen isolierte Bewegungen der Extremität folgen, die bei schwächster Reizung sich auf die Finger oder Zehen beschränken und mit wachsendem Reize immer mehr Glieder der Extremität, von unten nach oben fortschreitend, umfassen. Dabei sehen wir nicht nur von den Extremitätenregionen unmittelbar die Erregung des untersten Gliedzentrums herbeigeführt, sondern auch diese

1) S. oben 24—5.

Erregung, wenn sie stark genug ist, derart durch das Reflexzentrum hindurch fortgepflanzt, dass sie die Reihe der Gliedzentren in gerade umgekehrter Richtung, wie bei den Rückenmarksreflexen, durchläuft.

Aber auch noch andere isolierte Bewegungen der Extremitäten, als bisher im Anschluss an die beobachteten Rückenmarksreflexe unserer Betrachtung unterlagen, zeigt der unversehrte Affe: und die Anregung zu diesen Bewegungen muss gleichfalls von den Extremitätenregionen ausgehen, da nach der Totalexstirpation der Extremitätenregionen solche Bewegungen an den gegenseitigen Extremitäten für immer fehlen. Für diese Fälle direkte Verbindungen der Extremitätenregionen mit den in Bewegung kommenden Muskeln anzunehmen, geht nicht an, weil alle Fasern der vorderen Wurzeln der Rückenmarksnerven von Ganglienzellen der vorderen grauen Säulen des Rückenmarks ihren Ursprung nehmen. Es kann daher wiederum nicht anders sein, als dass die Extremitätenregionen im Rückenmark gelegene Zentren, welche jene isolierten Bewegungen herbeiführen, in Erregung setzen mittels besonderer Leitungsbahnen, welche die Regionen mit den Zentren verbinden. Wie weit diese Zentren unter Ausschluss des Gehirns reflektorisch erregbar sind, muss zur Zeit dahingestellt bleiben. Nur das lässt sich mit Bestimmtheit sagen, dass einzelne Zentren ausschliesslich von den Extremitätenregionen zu erregen sind. Denn nach der Totalexstirpation dieser Regionen sieht man am gegenseitigen Arme nie und unter keinen Umständen mehr die zierlichen Bewegungen von Fingergruppen eintreten, wie man sie am unversehrten Affen z. B. beim Aufnehmen der über den Fussboden zerstreuten Reiskörner oder beim Herausnehmen der in der Hohlhand oder zwischen den Fingern dargebotenen Haferkörner u. dergl. m. beobachtet.

So ergeben sich die Extremitätenregionen als die Projektion der Rückenmarkszentren, deren Erregung isolierte Bewegungen an den gegenseitigen Extremitäten zur Folge hat, oder, wie ich sie fortan kürzer nennen will, der Rückenmarkszentren der gegenseitigen Extremitäten. Alle diese Zentren sind sie zu erregen imstande mittels direkter Leitungsbahnen, welche von ihnen zu den einzelnen Zentren führen. Manche der Zentren, vielleicht viele, können auch ohne Zutun des Gehirns bei Rückenmarksreflexen tätig werden; allein die sensiblen Fasern oder Zellen des Rückenmarks haben, soweit die Untersuchung reicht, direkte Verbindungen bloss mit denjenigen Zentren, welche Bewegungen der obersten Glieder der Extremitäten herbeiführen, und können demgemäss unmittelbar nur diese Zentren und erst durch sie mittelbar auch die anderen Zentren, welche die Bewegungen der unteren Glieder der Extremitäten herbeiführen, in Erregung setzen.

Unter welchen Umständen es zur Erregung der Zentren seitens der Extremitätenregionen kommt, lehren in erster Linie die Berührungsreflexe.

Sie haben uns früher als ein Beweis dafür gedient, dass die Extremitätenregionen einen Teil der Fühlphäre der Grosshirnrinde bilden, indem die Berührungs- oder Druckempfindungen der zugehörigen Extremitäten in ihnen zustande kommen. Diesen Beweis beeinträchtigt nicht, was wir jetzt erfahren haben, dass die Extremitätenregionen die Bewegungen anregen, weil der unversehrte Affe, wenn seine Aufmerksamkeit nicht anderweitig in Anspruch genommen ist, regelmässig nach der Extremität hinsieht, welche berührt wurde und in Bewegung gerät. Die neue Erkenntnis legt aber im Verein mit der alten das Wesen der Berührungsreflexe klar so dar, wie ich es gelegentlich schon angezeigt¹⁾ und von vorneherein durch den Namen, den ich wählte, angedeutet habe. Neben den Optikusreflexen, für welche es der Lichtempfindung nicht bedarf und welche ohne die Grosshirnrinde unter Vermittelung niederer Hirnteile zustande kommen, fanden wir in den unwillkürlichen Augenbewegungen, welche den Blick wandern und undeutlich Gesehenes fixieren lassen, Sehreflexe, d. h. Sinnesreflexe, welche Lichtempfindungen zur Voraussetzung haben und nur unter Mitwirkung der Sehsphäre sich vollziehen²⁾. Gerade so stehen hier den Gemeinreflexen oder gemeinen sensiblen Reflexen der Extremitäten, für welche es der Gefühlsempfindung nicht bedarf und deren Zustandekommen niedere Teile des Zentralnervensystems vermitteln, in den unwillkürlichen Berührungsreflexen der Extremitäten Fühlreflexe gegenüber, d. h. Sinnesreflexe, welche Gefühlsempfindungen zur Voraussetzung haben und nur unter Mitwirkung der Fühlphäre sich vollziehen. Wie dort die Augenbewegungen, so sind hier die Bewegungen der Extremitäten Reflexe in unmittelbarer und nächster Folge der Sinnesempfindung, indem die durch Radiärfasern zur Sinnessphäre geleitete Erregung wieder durch Radiärfasern der Sinnessphäre zu niederen Zentren gelangt.

Der Mannigfaltigkeit, welche die Augenbewegungen, je nach der Bahn, auf welcher die Erregung zur Sehsphäre kommt, in Aufwärts- und Abwärts- und Seitenbewegungen der Augen darbieten, entspricht auch eine Mannigfaltigkeit der Bewegungen der Extremitäten je nach der Bahn, auf welcher die Erregung in die Extremitätenregionen einbricht. Wir haben uns bisher auf die Betrachtung derjenigen Berührungsreflexe der Extremitäten beschränkt, welche der Berührung von Fingern oder Zehen folgen, weil diese am regelmässigsten zu beobachten und am leichtesten in ihrer Abhängigkeit von der Stärke des Reizes zu verfolgen sind. Man findet aber am unversehrten Affen noch zahlreiche andere Berührungsreflexe, wenn man die anderen Glieder der Extremitäten in

1) S. oben 26.

2) Grosshirnrinde 281, 301 ff.

derselben Weise angreift. Und ohne dass man eine eingehende Untersuchung auszuführen braucht, übersieht man dabei, dass nicht bloss jedesmal die berührte Extremität, sondern bei schwächster Reizung auch gerade das berührte Glied, die Hand oder der Fuss oder der Vorderarm usw., mit aktiver Bewegung antwortet.

Um die grundsätzliche Uebereinstimmung zwischen unseren Seh- und Fühlreflexen vollkommen zu machen, liesse sich schliesslich nur noch der Nachweis verlangen, dass, wie an der Sehsphäre, so an den Extremitätenregionen der Fühlspäre die als Reflexe zur Beobachtung kommenden Bewegungen auch durch elektrische Reizung der Rinde zu erzielen sind. Dieses Verlangen findet man durch längst vorliegende Erfahrungen befriedigt. Die Ergebnisse der elektrischen Reizung unserer Extremitätenregionen sind aber im grossen und ganzen zu bekannt, als dass ich ihre Besprechung nicht bis dahin verschieben sollte, wo wir aus einer weiteren Erörterung noch grösseren Nutzen werden ziehen können.

In den Extremitätenregionen geht also die durch sensible Nervenfasern von den gegenseitigen Extremitäten her den zentralen Elementen, welche der Berührungsempfindung dienen, zugeleitete Erregung auf die Leitungsbahnen über, welche die Extremitätenregionen mit den Rückenmarkszentren der gegenseitigen Extremitäten verknüpfen; und zwar jedesmal auf diejenigen Leitungsbahnen, welche zu den erregten berührungsempfindenden Elementen in engster Beziehung stehen, d. h. auf Leitungsbahnen, durch deren Erregung es zur Bewegung desselben Extremitäten-Gliedes kommt, dessen Reizung die Erregung der berührungsempfindenden Elemente veranlasste. Aber damit ist natürlich erst eine Art, wie es zur Erregung der Zentren seitens der Extremitätenregionen kommt, erkannt. Es muss noch andere Arten geben, da isolierte Bewegungen der Extremitäten am unversehrten Affen auch ohne vorausgegangene Berührung eintreten, so z. B. wenn der Affe die vorgelegte Kirsche sieht, und auch ganz ohne nachweisbaren äusseren Anlass — rein willkürlich, wie es heisst, oder spontan. Auf eine Analyse der Vorgänge, welche in diesen Fällen offenbar in den Bereich der Vorstellungselemente eingreifen, können wir uns jedoch hier nicht einlassen. Wichtig für uns ist nur, was wir daraus ersehen, dass es auch ohne die Beteiligung der berührungsempfindenden zentralen Elemente zur Erregung der Rückenmarkszentren der gegenseitigen Extremitäten kommt. Wir haben daraus zu entnehmen, dass die Leitungsbahnen, welche von den Extremitätenregionen zu den Rückenmarkszentren führen, nicht unmittelbar von den berührungsempfindenden Elementen ausgehen, sondern dass ihre Ausgangspunkte andere in den Extremitätenregionen gelegene zentrale Elemente bilden, welche ebensowohl mit den berührungsempfindenden zentralen Elementen wie mit Vorstellungselementen in direkter Verbindung stehen.

Fassen wir nunmehr die Gemeinschaftsbewegungen der Extremitäten ins Auge, so sehen wir diese nicht in einer solchen unbedingten Abhängigkeit von den gegenseitigen Extremitätenregionen stehen, wie die isolierten Bewegungen, aber andererseits auch nicht unabhängig von denselben Regionen sein, da sie nach deren Zerstörung erhalten, doch geschädigt sich zeigen. Man dürfte deshalb zunächst daran denken, dass für die Gemeinschaftsbewegungen der Extremitäten die Rückenmarkszentren derselben in der Norm von den gegenseitigen Extremitätenregionen, nach deren Untergang aber von den gleichseitigen Extremitätenregionen erregt werden. Allerdings kommen nach der Totalexstirpation der Extremitätenregionen Störungen in den Bewegungen der gleichseitigen Extremitäten nicht zur Beobachtung und lassen sich daher direkte Verbindungen zwischen Regionen und Rückenmarkszentren der gleichen Seite nicht annehmen. Aber zwischen den Rückenmarkszentren der beiden gleichnamigen Extremitäten bestehen, wie die Erfahrungen bei den Rückenmarksreflexen überreich lehren, direkte Verbindungen; und darum könnten nach der Totalexstirpation der linken Extremitätenregionen die rechten Extremitätenregionen wohl auf die Weise Anlass zu Gemeinschaftsbewegungen der rechten Extremitäten geben, dass sie die zugehörigen Rückenmarkszentren der linken Extremitäten in Erregung setzten und diese Erregung auf den Leitungsbahnen, welche zu den Rückenmarkszentren der rechten Extremitäten führen, zu den letzteren Zentren sich fortpflanzte. Indem die Erregung auf den ungewohnten Wegen, je öfter sie dieselben durchliefe, desto weniger Widerstand fände, wäre es auch begreiflich, dass die Gemeinschaftsbewegungen der rechten Extremitäten anfangs schwer, später weniger geschädigt erscheinen; und selbst dass eine gewisse Schädigung für die Dauer fortbesteht, liesse sich verstehen, weil es doch immer bei Umwegen gegenüber den normalen geraden Wegen bliebe. Indes findet der Gedanke, so ansprechend er erscheint, nicht Bestätigung durch den Versuch, wenn man die beiderseitige Totalexstirpation der Extremitätenregionen ausführt.

Die ganze Verstümmelung auf einmal vorzunehmen, musste ich nach meinen sonstigen Erfahrungen für vollkommen aussichtslos halten, und ich habe zweizeitig oder dreizeitig operiert. Auch da noch hat man es mit einem recht misslichen Versuche zu tun. Denn es ist gar nicht zu vermeiden, dass von den mühsam durch Monate vorbereiteten Affen ein Teil dem wiederholten operativen Angriff unmittelbar durch Erschöpfung erliegt. Und dazu kommt, wo schon die neue Verstümmelung in jeder Hinsicht wohl gelungen ist, als besonderer erschwerender Umstand die enorme Einbusse an Beweglichkeit, welche der Affe erfährt. Diese geht oft so weit, dass der Affe in der ersten Zeit bloss zu strampeln vermag, sich kaum von der Stelle rühren kann und umfällt, sobald

er aufzustehen versucht. Allerdings gewinnt der Affe danach an Beweglichkeit, so dass er schon am 2. oder 3. Tage einige Schritte gehen kann, ehe er umfällt, und jeden weiteren Tag Fortschritte im Gehen macht. Aber wenn der Affe nicht recht kräftig oder auch nur nicht sehr lebhaft ist, erlahmt er nach wenigen Tagen durch die steten Misserfolge in seinen Anstrengungen: seltener und immer seltener versucht er dann aufzustehen und zu gehen, und schliesslich bleibt er gänzlich liegen, auf vereinzelte schwache und kurze Strampelbewegungen sich beschränkend. Die unzureichende Nahrungsaufnahme und die schlechte Verdauung, welche regelmässig mit der geringen Beweglichkeit verbunden sind, tragen noch dazu bei, dass der Affe rasch an Kräften abnimmt. Hinwiederum kommt es in denjenigen Fällen, in welchen die Beweglichkeit des Affen ununterbrochen wächst, bis sie in etwa 6 Wochen ihr Maximum erreicht hat, zwar dahin, dass der Affe lange gehen, auch sich aufrecht stellen und klettern kann; aber weil alle diese Bewegungen immer äusserst ungeschickt ausgeführt werden, ist der Affe vielen Gefahren ausgesetzt und nimmt durch Umfallen, Abstürzen usw. bald einmal Schaden, so dass er zugrunde geht. Wo ich der Totalexstirpation der einen die der anderen Extremitätenregionen hatte folgen lassen, sind mir die Affen früh verfallen und in 2—3 Wochen gestorben. Dagegen habe ich tadellose Versuche gewonnen, bei welchen ich die der beiderseitigen Extremitätenregionen beraubten Affen durch 2—3½ Monate ohne jeden störenden Zufall beobachten konnte, wo ich dreizeitig operiert hatte, indem ich entweder die einen Extremitätenregionen auf einmal und von den anderen Extremitätenregionen erst die mediale, später die laterale Hälfte exstirpierte oder zuerst die medialen Teile der beiderseitigen Extremitätenregionen und danach den lateralen Teil zuerst von den einen, dann von den anderen Extremitätenregionen abtrug.

Nach der Vollendung der Exstirpation auf der zweiten, sagen wir der rechten Seite findet man an den linken Extremitäten die Empfindlichkeit und die Beweglichkeit gerade so gestört, wie wir es vorher nach der Totalexstirpation der linken Extremitätenregionen an den rechten Extremitäten sahen. Die Berührungs- oder Druckempfindungen und die Berührungsreflexe sind für immer verloren. Die Schmerzempfindlichkeit ist zuerst sehr herabgesetzt, wächst aber mit der Zeit, bis sie in etwa 6 Wochen die gleiche Grösse wie an den rechten Extremitäten erlangt hat. Dasselbe Verhalten zeigt die Reflexerregbarkeit für die Gemeinreflexe, welche erhalten sind. Alle anderen isolierten Bewegungen fehlen für die Dauer; — ausschliesslich mit dem Munde ergreift der Affe die Nahrung, und auch das Suchen der Parasiten im Pelze des Genossen, das er früher so zierlich mit der Hand vollzog, führt er jetzt mit dem

Munde aus. Die Gemeinschaftsbewegungen endlich der linken Extremitäten scheinen für eine erste kurze Zeit erloschen, treten dann aber wieder auf, anfangs höchst unvollkommen, allmählich durch Wochen sich verbessernd, gerade so wie ich es früher für die rechten Extremitäten beschrieb, und behalten schliesslich ihre Ungeschicktheiten für die Dauer bei. Für die rechten Extremitäten, wie überhaupt für alle anderen Körperteile bringt der Verlust der rechten Extremitätenregionen gar keine Folgen mit sich.

Natürlich bleiben trotzdem, dass die Gemeinschaftsbewegungen der linken Extremitäten sich bis zu demselben Grade vervollkommen, wie vorher die der rechten Extremitäten, Gehen, Laufen, Klettern usw. des Affen nunmehr doch wesentlich beeinträchtigt gegen die Zeit, da bloss auf einer Seite die Extremitätenregionen exstirpiert waren. Auch nach Monaten fällt der Affe öfters im Gehen um, indem bald diese, bald jene Extremitäten zu ungeschickt aufgesetzt werden oder abgleiten oder indem die hinteren Extremitäten die vorderen in der Bewegung hemmen, und gerade beim langsamen Gehen, auf das er sich gewöhnlich beschränkt, läuft er am meisten Gefahr; er geht besser und sicherer, wenn er rasch geht oder läuft, was freilich nur gelegentlich einmal bei leidenschaftlicher Erregung vorkommt. Wird ihm Nahrung hoch vorgehalten, so stellt er sich recht gut aufrecht, schlägt aber oft sogleich oder wenn er mit dem Munde die Nahrung zu fassen sucht, durch Abgleiten der Füsse hin. In der Regel bewegt sich an dem aufgerichteten Affen der eine Arm ein wenig nach vorn, der andere ein wenig nach hinten; nur zwei Affen, welche von jeher arge Fliegenfänger gewesen waren, habe ich mehrere Wochen nach dem Verluste der beiderseitigen Extremitätenregionen wiederholt, wenn sie durch die herumschwirrenden Fliegen in grosse Aufregung geraten waren, plötzlich sich hoch aufstellen und die Arme wie zur Umarmung oder zum Fliegenklatschen erheben und gegen einander bewegen sehen, ohne dass es jedoch zur Berührung der beiden Hände kam. Aeusserst selten klettert der Affe, am ehesten in Furcht, sonst in besonderer Gier nach dem Leckerbissen, und er kann trotz der Ungeschicktheit aller vier Extremitäten gut in die Höhe kommen; aber am Gitter des Käfigs hängen bleiben kann er nicht: in der Regel gleiten, sobald er mit dem Klettern innehält, die Füsse ab, dann lässt auch eine Hand los, und wenig später stürzt der Affe jählings herab. Ist er auf diese oder andere Weise gefallen, so vermag er immer nur durch langes ungeschicktes Strampeln sich aufzuhelfen; und wenn er, wie es häufig geschieht, auf dem Rücken zu liegen gekommen ist, hat er durch mehrere Minuten mit Rumpf und Extremitäten, wie mit Kopf und Schwanz heftig zu arbeiten, ehe er wieder auf die Beine kommt. Nur wenn er mit den herumfuchtelnden Armen zufällig einen Gitterstab, Tischfuss oder dergl. fasst und so eine Stütze

gewinnt, ist ihm das Aufstehen erleichtert; gar nicht selten fasst er mit der Hand den eigenen Fuss und hält ihn krampfhaft fest, und dann erschöpft er sich dermassen bei seinen langen vergeblichen Anstrengungen, dass er durch eine ganze Zeit schlaff auf dem Rücken liegend pausiert, ehe er von neuem das Strampeln aufnimmt. Springen habe ich den Affen nicht gesehen; ich muss aber bemerken, dass ich ihn daraufhin nie einer eigenen Prüfung zu unterziehen gewagt habe wegen der Gefahren, welche für ihn damit verbunden waren.

Von dem Gedanken, welcher uns die beiderseitige Totalexstirpation der Extremitätenregionen unternehmen liess, ist nach diesen Ergebnissen offenbar abzusehen; denn da die Gemeinschaftsbewegungen, welche die rechten Extremitäten nach dem Verluste der linken Extremitätenregionen zeigen, durch die Beseitigung der rechten Extremitätenregionen keine Veränderungen erfahren, können die letzteren Regionen nichts mit ihnen zu schaffen haben. Darf aber von der vermuteten Vertretung der einen Extremitätenregionen durch die anderen nicht die Rede sein, so lässt sich in den übrigen Rindenpartien der Ersatz erst recht nicht suchen, weil diese noch weniger in Beziehung zu den rechten Extremitäten stehen, weil, wo wir auch die Rinde exstirpieren mögen, wofern wir nicht die Extremitätenregionen angreifen, nie Störungen in den Bewegungen der Extremitäten zur Beobachtung kommen. Demnach stellen sich die Gemeinschaftsbewegungen der Extremitäten einerseits abhängig dar von den gegenseitigen Extremitätenregionen, andererseits unabhängig nicht bloss von diesen Regionen, sondern auch von den übrigen Rindenpartien. Wir sehen uns damit einer Verwicklung gegenüber, welche mit der Betrachtung der Gemeinschaftsbewegungen allein kaum zu überwinden ist; aber wir finden die Lösung, wenn wir von dem Teile den Blick auf das Ganze richten.

Der Affe geht, stellt sich aufrecht, klettert usw., welche Partien der Grosshirnrinde auch zerstört sein mögen, selbst wenn die Zerstörung beiderseits die Extremitätenregionen betroffen hat, die einzigen Partien der Grosshirnrinde, welche durch direkte Leitungsbahnen mit den Rückenmarkszentren der Extremitäten verbunden sind. Daher können jene Prinzipalbewegungen, wie ich das Gehen, Aufrichten usw. kurz nennen will, des Affen nicht von einer einzelnen Partie der Grosshirnrinde abhängig und immer nur mittelbar von der Grosshirnrinde veranlasst sein. Unmittelbar müssen sie von Zentren — Prinzipalzentren mögen sie heissen — herbeigeführt werden, welche unterhalb der Grosshirnrinde, zwischen dieser und dem Rückenmark, gelegen sind und mittels Leitungsbahnen, die von ihnen zu den Rückenmarkszentren der Extremitäten führen, diese Zentren in Erregung setzen. Solche Prinzipalzentren sind auch durch die Folgen der Grosshirnexstirpation bei anderen Säugetieren ausser Zweifel gestellt, schon längst bei der Ratte, beim Meerschweinchen,

beim Kaninchen¹⁾, neuerdings beim Hunde²⁾. Wie bei diesen Tieren, werden wohl auch beim Affen die Prinzipalzentren ohne Zutun des Grosshirns in Erregung kommen können, doch sagen unsere Versuche nichts darüber aus. Dafür lehren unsere Versuche, dass, wenn die Erregung der Prinzipalzentren von seiten der Grosshirnrinde erfolgt — z. B. im Falle dass der Affe die Kirsche sieht oder den Ruf hört usw. —, es dafür nicht der Tätigkeit gerade der Extremitätenregionen oder immer derselben anderen Abschnitte der Rinde bedarf, vielmehr die Erregung von verschiedenen Rindenpartien herbeigeführt werden kann.

Zeigen sich dennoch die Extremitätenregionen von einer Bedeutung für die Prinzipalbewegungen, welche allen anderen Rindenpartien abgeht, indem durch die Zerstörung der Extremitätenregionen die Gemeinschaftsbewegungen der gegenseitigen Extremitäten, die zum Gehen, Laufen, Klettern usw. gehören, geschädigt werden, so kann uns das nicht überraschen, da wir früher³⁾ durch den gleichen Eingriff sogar die Gemeinreflexe der Extremitäten, reine Rückenmarksreflexe derselben, geschädigt fanden. Wir sahen dort, dass nach der Totalexstirpation der Extremitätenregionen die Erregbarkeit der Reflexzentren der gegenseitigen Extremitäten zunächst infolge einer von der Hirnwunde ausgehenden Einwirkung auf die direkten Leitungsbahnen, welche von den Extremitätenregionen zu den Reflexzentren führen, sehr herabgesetzt ist und dann, weil jene Einwirkung abnimmt und die Isolierungsveränderungen stattfinden, mit der Zeit an Grösse zunimmt. Daher kann es gar nicht anders sein, als dass nach der Totalexstirpation der Extremitätenregionen, auch wenn der Affe geht, klettert usw., die gegenseitigen Extremitäten zunächst sehr wenig und erst mit der Zeit mehr bewegt werden.

Wir vermögen auch des genaueren die Art zu verstehen, wie die Besserung in der Bewegung der Extremitäten erfolgt. Von den Extremitätenregionen führen direkte Leitungsbahnen zu allen Rückenmarkszentren der gegenseitigen Extremitäten, ebensowohl zu denjenigen, welche isolierte Bewegungen der oberen, wie zu den anderen, welche isolierte Bewegungen der unteren Glieder der Extremitäten herbeiführen; und alle diese Zentren werden nach der Totalexstirpation der Extremitätenregionen in ihrer Erregbarkeit herabgesetzt sein und mit der Zeit an Erregbarkeit zunehmen. Unvereinbar damit kann es scheinen, dass nach der Totalexstirpation der Extremitätenregionen bei den Gemeinschaftsbewegungen der gegenseitigen Extremitäten zunächst ausschliesslich die obersten Glieder der Extremitäten tätig werden und erst später der Reihe nach,

1) Vergl. Grosshirnrinde 222 ff.

2) Goltz, Pflügers Arch. 51. 1892. 570 ff.

3) S. oben 25 ff.

von oben nach unten fortschreitend, die Tätigkeit der unteren Glieder hinzukommt. So dürfte es allerdings nicht sein, wenn die Prinzipalzentren ebenso, wie die Extremitätenregionen, mit allen Rückenmarkszentren der Extremitäten direkt verbunden wären; dann müsste gleichmässig an allen Gliedern die Besserung vor sich gehen, müssten an allen Gliedern gleichzeitig anfangs kleine und allmählich grössere Bewegungen auftreten. Aber die Besserung, wie wir sie beobachten, entspricht der anderen Möglichkeit, dass die Prinzipalzentren, wie es sich schon früher für die sensiblen Fasern oder Zellen des Rückenmarks herausgestellt hat, bloss mit denjenigen Rückenmarkszentren der Extremitäten in direkter Verbindung stehen, welche die Bewegungen der obersten Glieder herbeiführen, und erst mittelbar durch diese Zentren auch die anderen Zentren, welche die Bewegungen der unteren Glieder herbeiführen, in Erregung setzen: und diese Möglichkeit müssen wir als in der Wirklichkeit zutreffend nehmen. Damit stimmt es dann auch, dass bei allen Prinzipalbewegungen die Besserung in der Bewegung der unteren Glieder der betroffenen Extremitäten durch Wochen hindurch fortschreitet, lange Zeit über die Vernarbung der Gehirnwunde hinaus: indem die Erregbarkeit der Rückenmarkszentren der Extremitäten infolge der Isolierungsveränderungen wächst, muss bei gleicher Tätigkeit der Prinzipalzentren die Erregung immer weiter und stärker nach den Zentren der unteren Glieder sich fortpflanzen. Und ebenso steht damit im Einklang, was wir gleichfalls bei allen Prinzipalbewegungen beobachten, dass die unteren Glieder der betroffenen Extremitäten jederzeit desto besser bewegt werden, je mehr der Affe leidenschaftlich erregt ist: hier wächst mit der Aufregung die Tätigkeit der Prinzipalzentren, wie das Wachsen der Bewegung der obersten Glieder der Extremitäten anzeigt, und demzufolge muss wiederum die Erregung weiter und stärker über die Zentren der unteren Glieder sich verbreiten.

Aber die Bedeutung der Extremitätenregionen für die Prinzipalbewegungen ist damit nicht erschöpft, dass die Zerstörung der Regionen Veränderungen der Erregbarkeit an den Rückenmarkszentren der gegenseitigen Extremitäten zur Folge hat. Reichte die Bedeutung nicht weiter, so würden die Prinzipalbewegungen und die zu ihnen gehörigen Gemeinschaftsbewegungen der Extremitäten ebenso wenig, wie die Gemeinreflexe der Extremitäten, abhängig zu nennen sein von den Extremitätenregionen; sie würden am unversehrten Affen mit der gegebenen Erregbarkeit seiner Rückenmarkszentren ausschliesslich in Abhängigkeit von den Prinzipalzentren stehen. Dass es in der Wirklichkeit anders ist, lehrt die Erfahrung, welche zu erwägen noch übrig ist, dass nach der Totalexstirpation der Extremitätenregionen bei allen Prinzipalbewegungen, wenn die Besserung in den Gemeinschaftsbewegungen der gegenseitigen Extremitäten vollendet ist, doch gewisse Ungeschicktheiten, vornehmlich in der Be-

wegung der unteren Glieder, für die Dauer fortbestehen. Zu der Zeit hat die von der Hirnwunde ausgehende Wirkung, welche die Erregbarkeit der Rückenmarkszentren der gegenseitigen Extremitäten herabsetzt, längst ihr Ende gefunden; und dass diese Erregbarkeit infolge der Isolierungsveränderungen über die Norm erhöht ist, kann keine Rolle spielen, von anderem abgesehen, schon deshalb nicht, weil die Ungeschicktheiten viel mehr auf einem Zuwenig, als auf einem Zuviel der Bewegungen der unteren Glieder beruhen. In unserer Erfahrung lässt sich deshalb nur der Ausdruck dessen sehen, dass ein modifizierender oder unterstützender Einfluss fortgefallen ist, welchen die Extremitätenregionen am unversehrten Affen auf die Prinzipalbewegungen, und zwar auf die Gemeinschaftsbewegungen der gegenseitigen Extremitäten üben. Werden diese Gemeinschaftsbewegungen auch im grossen und ganzen oder im groben von den Prinzipalzentren herbeigeführt, so werden sie doch vervollkommenet oder verfeinert, insbesondere an den unteren Gliedern, von den Extremitätenregionen. Ohne die letztere Regulierung würden die Glieder oft nicht ganz richtig bewegt, Finger und Zehen, Hand und Fuss schlecht aufgesetzt oder umgelegt werden usw.

Die Gemeinschaftsbewegungen der Extremitäten sind also ebenfalls abhängig von den Extremitätenregionen, aber viel weniger als die isolierten Bewegungen: letztere sind ganz an sie gebunden, erstere nur soweit, als sich es um die Vervollkommenung oder Regulierung der Leistung der Prinzipalzentren handelt. Diese Regulierung haben wir wiederum den zentralen Elementen der Extremitätenregionen zuzuschreiben, welche mit den Rückenmarkszentren der Extremitäten in direkter Verbindung stehen; denn es ist kein Grund vorhanden, neue Elemente dafür in Anspruch zu nehmen. Man könnte sogar, wenn man wollte, die Regulierungsbewegungen jetzt als isolierte Bewegungen der Extremitäten auffassen, welche zu den von den Prinzipalzentren herbeigeführten Gemeinschaftsbewegungen der Extremitäten sich hinzufügen; aber es böte keinen Vorteil dar und könnte Verwirrung stiften, weil es einen Gegensatz weniger scharf hervortreten liesse, der unter Umständen Beachtung verdient. Zum Gehen im weiteren Sinne gehört es auch, wenn eine ungewöhnliche Art des Gehens eingeschlagen, z. B. schleichend oder gravitatisch gegangen wird: und da werden bloss isolierte Bewegungen der Extremitäten an einander gereiht, da hat man eine Gehbewegung, bei welcher gar nicht die Prinzipalzentren, sondern einzig und allein die Extremitätenregionen tätig sind. Ebenso ist es, wenn unnatürlich gelaufen, geklettert usw. wird, überhaupt überall, wo die Bewegungen der Extremitäten unter geistiger Anstrengung, Ueberlegung oder Berechnung, erfolgen. Alle solche Bewegungsarten sind darum streng von denjenigen zu unterscheiden, welche wir Prinzipalbewegungen nannten, von dem gemeinen,

ganz zwanglosen Gehen, Laufen, Klettern usw., wobei die Bewegungen der Extremitäten ohne darauf bezügliche geistige Tätigkeiten vor sich gehen und selbst die Hüfsleistung der Extremitätenregionen, offenbar ein Rindenreflex, unterhalb der Schwelle des Bewusstseins bleibt.

Die Einsicht, welche wir so gewonnen haben, bedarf aber noch einer Ergänzung. Mustern wir nochmals unsere Beobachtungen, so bemerken wir, dass in einzelnen Fällen nach der Totalexstirpation der Extremitätenregionen Gemeinschaftsbewegungen der gegenseitigen Extremitäten auch auf die Weise zustande kommen, dass die Rückenmarkszentren dieser Extremitäten nicht von Prinzipalzentren, sondern von anderen Rückenmarkszentren in Erregung gesetzt werden. Am klarsten tritt es hervor, wo der Affe nach der linksseitigen Totalexstirpation sich hochstellt und mit der linken Hand nach der hoch vorgehaltenen Nahrung oder dem Gitterstabe u. dergl. greift, da der rechte Arm, der in einer ersten Zeit dabei jedesmal nach hinten geht, während der folgenden Wochen allmählich immer weiter nach vorn sich bewegt. Um so sicherer liegt hier eine sekundäre Bewegung¹⁾ des rechten Armes vor, die mit dem Wachsen der Isolierungsveränderungen an Grösse gewinnt, als nach der beiderseitigen Totalexstirpation der Extremitätenregionen, wenn der Affe den Mund der Nahrung nähert, regelmässig der eine Arm nach vorn und der andere nach hinten geht, mithin das Vorwärtsbringen der Arme zur Leistung des Prinzipalzentrums, welches die Aufrichtung des Affen bewirkt, nicht gehört; dass an unseren zwei Fliegenfängern, wenn sie nach der beiderseitigen Totalexstirpation der Extremitätenregionen zur Jagd sich erhoben, die Arme wie zur Umarmung gegen einander bewegt wurden, kann nur dem Wirken eines besonderen Prinzipalzentrums zugeschrieben werden. Ferner kommen unter den mannigfachen Strampelbewegungen, welche der der Extremitätenregionen beraubte Affe ausführt, hier und da sekundäre Bewegungen von Extremitäten im Anschluss an primäre Bewegungen, sei es anderer Extremitäten, sei es des Rumpfes vor. Auf die umständliche Analyse dieser Strampelbewegungen darf ich mich nicht einlassen, da sie gar zu unlohnend wäre; ich will nur für die Konstatierung der sekundären Bewegungen besonders das vielgestaltige Strampeln empfehlen, mit welchem der zu Fall gekommene Affe wieder auf Hände und Füsse sich zu stellen strebt. Endlich wäre etwa noch das Hüpfen der Beine hierherzurechnen, welches nach der einseitigen und, wie ich hier hinzufügen kann, auch nach der beiderseitigen Totalexstirpation der Extremitätenregionen zuweilen an die Stelle der Gehbewegungen der Beine tritt. Denn dieses Hüpfen, das ich am unversehrten Affen nie

1) Ich wähle diese Bezeichnung und sage nicht „Mitbewegung“, weil im Laufe der Zeit mehrere grundverschiedene Vorgänge Mitbewegungen genannt worden sind.

beobachtet habe, kann darin seine Erklärung finden, dass die Erregung, welche vom Prinzipalzentrums in den Rückenmarkszentren des einen Beines herbeigeführt ist, indem sie sich zu den Rückenmarkszentren des anderen Beines fortpflanzt, diese unter Umständen infolge der Isolierungsveränderungen eher zur Tätigkeit bringt, als die Erregung vom Prinzipalzentrums aus dieselben Zentren erreicht.

So spärlich nur bieten sich die Fälle an den der Extremitätenregionen beraubten Affen dar, und daher wird es am unversehrten Affen zum mindesten ein höchst seltenes Ereignis sein, wahrscheinlich aber gar nicht vorkommen, dass Gemeinschaftsbewegungen der Extremitäten durch die Erregung ihrer Rückenmarkszentren seitens anderer Rückenmarkszentren entstehen. Immerhin nehmen die Erfahrungen in mehrfacher Hinsicht unser Interesse in Anspruch. Sie zeigen, dass der Gedanke, welchen wir oben im allgemeinen verwerfen mussten, dass für die Gemeinschaftsbewegungen der Extremitäten die vernichteten Extremitätenregionen der einen Seite durch die erhaltenen Extremitätenregionen der anderen Seite vertreten werden können, doch für gewisse Gemeinschaftsbewegungen seine Berechtigung hat. Bei den Prinzipalbewegungen zwar kommen die Gemeinschaftsbewegungen der Extremitäten der unverletzten Seite immer nur durch die Prinzipalzentren zustande; aber ausserhalb des Bereiches der Prinzipalbewegungen können noch solche Gemeinschaftsbewegungen durch die erhaltenen Extremitätenregionen derart veranlasst werden, dass die Regionen die zugehörigen Rückenmarkszentren der gegenseitigen Extremitäten in Erregung setzen und diese Erregung sich zu den Rückenmarkszentren der gleichseitigen Extremitäten fortpflanzt. Weiter lehren die Erfahrungen, dass, wo nach der Totalexstirpation der Extremitätenregionen sekundäre Bewegungen der gegenseitigen Extremitäten auftreten, die Besserung in der Bewegung der Extremitäten auf dieselbe Weise erfolgt und schliesslich ebenso unvollkommen bleibt, wie bei den von Prinzipalzentren herbeigeführten Gemeinschaftsbewegungen. Es liess sich das auch nicht anders erwarten, da dort wie hier dieselben Verhältnisse vorliegen, nur dass das eine Mal Rückenmarkszentren, das andere Mal Prinzipalzentren die Rückenmarkszentren der gegenseitigen Extremitäten in Erregung setzen. Höchstens konnte fraglich sein, ob die erregenden Rückenmarkszentren mit den erregten ebenso verknüpft sind, wie die Prinzipalzentren, ob auch in jenem Falle die direkten Verbindungen auf diejenigen Gliedzentren beschränkt sind, welche die obersten Glieder in Bewegung setzen: und dass dem so ist, zeigt sehr schön der Fortschritt in den Bewegungen des rechten Armes, wenn der der linken Extremitätenregionen beraubte Affe sich aufrichtet und mit der linken Hand zugreift. Wir brauchen deshalb nicht einmal zur Hülfe heranzuziehen, was man bei den Rückenmarksreflexen regelmässig beobachtet, dass, wenn auf das

Drücken der Zehen des einen Beines das andere Bein an der Reflexbewegung sich beteiligt, mit wachsendem Drucke zuerst die obersten und erst später die unteren Glieder des letzteren Beines in Bewegung geraten.

Nach alledem lassen sich die neuen Aufschlüsse über die Beziehungen der Extremitätenregionen zu den gegenseitigen Extremitäten etwa folgendermassen kurz zusammenfassen. Von eigenen zentralen Elementen der Extremitätenregionen, welche sowohl mit den der Berührungsempfindung dienenden wie mit anderen zentralen Elementen in Verbindung stehen, führen direkte Leitungsbahnen zu allen Rückenmarkszentren der gegenseitigen Extremitäten bzw. ihrer Glieder, d. h. zu allen Rückenmarkszentren, deren Erregung mittels der von ihnen zu den Muskeln gehenden Nervenfasern Bewegungen der gegenseitigen Extremitäten bzw. ihrer Glieder veranlasst; und indem sie diese Rückenmarkszentren in Erregung setzen, haben die Extremitätenregionen Bedeutung für alle Bewegungen an den gegenseitigen Extremitäten mit Ausnahme der Gemeinreflexe oder Rückenmarksreflexe. Sie führen die isolierten Bewegungen der gegenseitigen Extremitäten herbei, d. h. die Bewegungen, welche ausschliesslich die gegenseitigen Extremitäten bzw. deren Glieder betreffen: diese Bewegungen sind ganz und gar an die Extremitätenregionen gebunden, so dass sie mit deren völligem Untergange für immer verloren sind. Nicht so beherrschen die Extremitätenregionen die Gemeinschaftsbewegungen der gegenseitigen Extremitäten, d. h. die Bewegungen, welche an den gegenseitigen Extremitäten zusammen, in Verbindung oder in der Reihe, mit Bewegungen anderer Körperteile erfolgen. Denn die Prinzipalbewegungen, zu welchen diese Gemeinschaftsbewegungen gehören, das Gehen, Laufen, Aufrichten, Klettern, Springen usw., werden von Prinzipalzentren herbeigeführt, welche unterhalb der Grosshirnrinde im Hirn gelegen sind und von verschiedenen Seiten her die Anregung zur Tätigkeit erhalten. Aber die Extremitätenregionen üben dabei doch den wesentlichen Einfluss aus, dass sie die Gemeinschaftsbewegungen der gegenseitigen Extremitäten regulieren. Die Prinzipalzentren, welche ebenso, wie die sensiblen Fasern oder Zellen des Rückenmarks, nur mit den Rückenmarkszentren der obersten Glieder der Extremitäten in direkter Verbindung stehen und erst mittelbar durch diese Zentren auch die Rückenmarkszentren der unteren Glieder in Erregung setzen können, führen bloss die groben Geh-, Kletter-, Sprungbewegungen usw. herbei, und die Extremitätenregionen vervollkommen oder verfeinern die groben Bewegungen, indem sie ihrerseits Erregungen der Rückenmarkszentren, insbesondere der unteren Glieder der Extremitäten hinzufügen. Nach dem völligen Untergange der Extremitätenregionen bestehen demgemäss die Gemeinschaftsbewegungen der gegenseitigen Extremitäten, abgesehen von einer zeitweisen Beschränkung derselben in unmittelbarer Folge der Hirn-

verletzung, für die Dauer fort; aber sie erfolgen nur im grossen und ganzen wie in der Norm und bieten in den feineren Einzelheiten Ungeschicktheiten und Unvollkommenheiten, insbesondere bezüglich der Bewegungen der unteren Glieder dar. Andere Bewegungen der Extremitäten, als jene isolierten und diese Gemeinschaftsbewegungen, kommen am unversehrten Affen schwerlich jemals vor; doch können nach der Vernichtung der Extremitätenregionen unter Umständen noch Gemeinschaftsbewegungen der Extremitäten dadurch herbeigeführt werden, dass die Rückenmarkszentren der Extremitäten, und zwar wiederum unmittelbar nur die Rückenmarkszentren ihrer obersten Glieder von anderen Rückenmarkszentren in Erregung gesetzt werden. Solchen sekundären Bewegungen (Mitbewegungen) der Extremitäten fehlt gleichfalls die Regulierung seitens der Extremitätenregionen, und sie sind deshalb ebenso unvollkommen und ungeschickt, wie die anderen Gemeinschaftsbewegungen.

IV.

Ueber die Fühlsphären der Grosshirnrinde.

Dritte Mitteilung.

(Sitzungsberichte der Berliner Akademie der Wissenschaften 1894. 823—33.)

7.

Für die Betrachtung der übrigen Affen haben wir vor allem die Kontrakturen zu charakterisieren, durch welche dieselben ausgezeichnet sind. Denn zweierlei Kontrakturen kommen nach Verletzungen der Extremitätenregionen an den gegenseitigen Extremitäten der Affen zur Beobachtung. Sie dürften den Früh- und den Spätkontrakturen entsprechen, welche man beim Menschen nach Hirnerkrankungen unterschieden, aber, soviel ich sehe, nicht immer scharf auseinandergehalten und noch weniger in ihrem Wesen klar erkannt hat.

Die eine Art der Kontrakturen tritt selten auf und ausschliesslich nach partieller Zerstörung der Extremitätenregionen, ebensowohl nach Exstirpationen, welche nur einen ganz kleinen Teil der Regionen betreffen, wie nach grösseren Exstirpationen, wofern diese der Totalexstirpation nicht nahekommen. Am Tage nach der Verletzung oder an einem der folgenden Tage stellen sich an diesen oder jenen Muskeln der gegenseitigen Extremitäten Krämpfe ein und kommt es nach anfänglichen fibrillären oder auch grösseren klonischen Zuckungen bald rascher bald langsamer zu einem mehr oder weniger starken Tetanus. Die so entstandenen Kontrakturen bestehen alsdann meist andauernd fort, nur dass sie zeitweilig zunehmen, zeitweilig abnehmen, manchmal auch zeitweilig mit fibrillären und klonischen Zuckungen abwechseln; selten erfahren sie völlige Unterbrechungen, wenn der Affe sich ruhig verhält, um, sobald der Affe sich bewegt, wieder zu beginnen. Hin und wieder, wenn bloss schwache Krämpfe wenige Muskeln betrafen, hören die Krämpfe nach 1—2 Tagen gänzlich auf und hinterlassen keinerlei Spuren in dem weiteren Verhalten des Affen. Die Regel aber ist, dass unter den fortgesetzten Krämpfen der Affe noch in den ersten Wochen dem Tode verfällt. Man findet dann nie die Verletzung per primam geheilt, sondern die Wunde

stets in übler Verfassung, die stehengebliebene Substanz der Extremitätenregionen oft rot erweicht. Der Reizung der letzteren Substanz, bedingt durch gewisse Vorgänge, welche infolge schlechter Heilung der Wunde in der Umgebung der Exstirpationsstelle sich abspielen, hat man deshalb diese Kontrakturen zuzuschreiben. Weil es durchaus nicht jedesmal, dass die Wunde nicht per primam vernarbt, zu den Kontrakturen kommt, darf man nur in gewissen Folgen der schlechten Heilung, welche noch näher zu bestimmen bleiben, die Reize sehen; und man muss die graue Rinde und nicht die weisse Marksubstanz der Reizung unterliegen lassen, weil nach der Totalexstirpation der Extremitätenregionen, wie auch die Wunde heilen mag, nie diese Kontrakturen eintreten. Wo die Krämpfe rasch ohne jede üble Folge ablaufen, werden natürlich vorübergehende Reizungen bei dem Heilungsvorgange anzunehmen sein.

In jeder Hinsicht anders verhält es sich mit der zweiten Art der Kontrakturen. Sie kommt häufig vor und tritt nach der Totalexstirpation der Extremitätenregionen auf, aber auch nach anderen ansehnlichen Exstirpationen im Bereiche dieser Regionen. Mit einer schlechten Heilung der Verletzung hat sie gar nichts zu schaffen; denn gerade dort hat man vielfach Gelegenheit sie zu beobachten, wo die Wunde schon lange bestens per primam vernarbt ist. Wie sich darnach versteht, fällt ihr Eintritt auch nicht in die Tage nach der Verletzung, sondern in eine spätere Zeit, und nie folgt ein baldiger Tod. Endlich kommen nie und in keiner Form Krämpfe bei dieser Art der Kontrakturen zur Beobachtung. Ihren Beginn, der frühestens in die 3. Woche nach der Verletzung fällt, verrät der abnorme Widerstand gewisser Muskeln, wenn man die oberen Glieder der den verletzten Extremitätenregionen zugehörigen Extremitäten im Sinne der Antagonisten jener Muskeln bewegt. Mit der Zeit nimmt der Widerstand mehr und mehr zu, und endlich können die betroffenen Glieder des Armes oder des Beines oder beider so gut wie gar nicht mehr durch passive Bewegungen in jenem antagonistischen Sinne aus den Stellungen entfernt werden, in welchen man sie gewöhnlich verharren sieht. Sind mehrere Wochen seit dem Beginn der Kontrakturen vergangen, so ist der gesenkte Oberarm fest an die Brust und nach hinten gezogen und lässt sich bloss noch nach hinten führen; der Vorderarm ist stark gebeugt und lässt sich nur noch mehr beugen; Oberschenkel und Unterschenkel, beide ansehnlich gebeugt, lassen sich wohl noch weiter beugen, nicht aber strecken; endlich der Fuss, mehr oder weniger gestreckt (plantarflektiert), lässt sich noch weiter strecken, nicht aber beugen.

Diese Art von Kontrakturen ist es, an welche sich hier unser Interesse knüpft, und sie ist fortan stets gemeint, wenn ich kurzweg von Kontrakturen spreche. Abweichend von den Affen, welche ich im vorigen

Kapitel beschrieb, bieten andere Affen nach der Totalexstirpation der linken Extremitätenregionen an den rechten Extremitäten die Kontrakturen dar. Wo diese schon früh an Arm und Bein sich einstellen, lassen die Affen nach der Verletzung überhaupt nur wenige Bewegungen, und zwar Gemeinschaftsbewegungen, der rechten Extremitäten sehen. Dagegen setzen diejenigen Affen, bei welchen die Kontrakturen an Arm und Bein später anheben, nicht bloss diese Extremitäten vorher beim Gehen, Laufen usw. mehr in Bewegung, sondern zeigen auch durch Wochen und Monate das erstbeschriebene Verhalten, bis eine Einschränkung in den Bewegungen der rechten Extremitäten auffällt und etwa eine Woche danach der Beginn der Kontrakturen nachweisbar wird. An manchen Affen verfallen nicht Arm und Bein zugleich oder bald nach einander den Kontrakturen, sondern treten diese bloss am Arme oder bloss am Beine ein, während das Bein bzw. der Arm noch für die Folge oder wenigstens für längere Zeit sich gerade so, wie bei den Affen des vorigen Kapitels, an den Bewegungen des Affen beteiligt.

Natürlich glaubt man zunächst, wenn man die Affen mit Kontrakturen neben den anderen sieht, an eine ungleiche Verstümmelung von beiderlei Affen, und auch wenn man das Verhalten der Affen von der Verletzung an verfolgt, kann man sich des nämlichen Glaubens kaum erwehren. Mindestens, meint man, müsse der gleiche operative Eingriff die einen Male kleinere, die anderen Male grössere Schädigungen des Nervensystems mit sich gebracht oder nach sich gezogen haben. Aber die Sektion der Affen stellt Verschiedenheiten entsprechend dem verschiedenen Verhalten der Affen anderswo, als an den geschädigten Extremitäten selbst, nicht heraus. Man findet, wenn man alle gut operierten und gut geheilten Fälle der Totalexstirpation der Extremitätenregionen vergleicht, wohl kleine Unterschiede in der Begrenzung und besonders der Tiefe der Hirnzerstörung, aber diese Unterschiede ohne jede Regelmässigkeit sowohl bei Affen desselben, wie bei solchen verschiedenen Verhaltens, so dass man nicht daran denken kann, sie zu dem Auftreten oder Nichtauftreten der Kontrakturen, geschweige denn zu deren früherem oder späterem Eintritt oder zu dem Ergriffensein von Arm oder Bein oder beiden in Beziehung zu bringen. Immerhin überwindet man nicht ganz den ersten Eindruck und bleibt doch ein gewisses Misstrauen gegen die anatomische Untersuchung zurück, bis unter der Häufung der Fälle und der aufmerksamen Beobachtung die Erwägungen eine andere Richtung nehmen und schliesslich zu entscheidenden Versuchen gelangen lassen.

Führt man an zwei zahmen Affen die Totalexstirpation der linken Extremitätenregionen aus und hält man den einen Affen stets in seinem Käfig, ohne sich mit ihm zu beschäftigen, während man den anderen täglich ausserhalb seines Käfigs verweilen lässt und noch besonders zum

Gehen, Laufen, Klettern, Aufrichten anregt, so zeigt der letztere Affe das erstbeschriebene Verhalten und entwickeln sich bei dem ersteren Affen, der fast immer sitzt und kaum Bewegungen der rechten Extremitäten sehen lässt, von der 3.—4. Woche an die Kontrakturen an beiden rechten Extremitäten. Ändert man ferner bei einem Affen, an welchem man nach der Totalexstirpation der linken Extremitätenregionen soweit das erstbeschriebene Verhalten verfolgt hat, zu beliebiger Zeit im Verlaufe des 2., 3. oder 4. Monats die Behandlung dahin ab, dass man ihn fortan im Käfig verbleiben lässt und sich nicht weiter mit ihm befasst, so sieht man an dem Affen, der bald nur selten sich von der Stelle rührt und dabei noch seltener die rechten Extremitäten bewegt, in den nächsten Wochen die Kontrakturen an beiden rechten Extremitäten anheben und in der Folge dieselben sich weiter ausbilden. Ob es zu den Kontrakturen kommt oder nicht, hängt demnach nicht von Variationen in der Verletzung oder von den an die Verletzung sich anschliessenden Schädigungen des Nervensystems ab, sondern davon, ob der Affe nach der Verletzung sich und seine geschädigten Extremitäten weniger oder mehr bewegt.

Wo vorher der Zufall zu walten schien, indem er bei dem einen Versuche schon früh, bei dem anderen erst spät und bei dem dritten gar nicht die Kontrakturen herbeiführte, lässt die neue Einsicht die Folgen erkennen der Wildheit und der Zähmheit der Affen, der seltenen und der häufigen Untersuchung derselben, der flüchtigen und der weit ausgedehnten Prüfungen bei der einzelnen Untersuchung. Und was besonders wertvoll ist, sie lehrt innerhalb der durch die Natur der Dinge gezogenen Grenzen das Verhalten der Affen beherrschen. Den vorgegebenen Versuchen ist nur wenig hinzuzufügen. Sind die zahmen Affen kräftig und lebhaft, so hat man sie nur viel in Freiheit zu halten und während der ersten Wochen täglich sorgsam zu untersuchen, um das erstbeschriebene Verhalten für die Dauer zu sehen. Wenig lebhafte oder schwächliche Affen dagegen, welche auch ausserhalb des Käfigs sich bald hinsetzen und gern sitzen bleiben, muss man ausserdem noch veranlassen, sich viel und verschiedenartig zu bewegen. Möglichst früh ist mit diesen Anregungen oder Uebungen zu beginnen, und sie sind so lange täglich fortzusetzen, bis der freigelassene Affe ohne jedes Zutun viel umhergeht, klettert usw. Verabsäumt man es öfters innerhalb der ersten Wochen, für die täglichen Bewegungen des Affen Sorge zu tragen, oder stellt man, wo die Uebungen nötig sind, dieselben zu früh ein, oder entzieht man zu einer späteren Zeit mehrmals nacheinander für einige Tage dem Affen die Freiheit, so muss man darauf gefasst sein, demnächst in den Bewegungen, welche die geschädigten Extremitäten zuvor ausgeführt hatten, eine Einschränkung zu finden, das sichere An-

zeichen, dass in kurzem der Beginn der Kontrakturen bevorsteht. Die einmal eingetretene Einschränkung lässt sich nicht wieder beseitigen; jedoch kann man, wenn die Einschränkung nur erst gering ist, durch die Wiederaufnahme regelmässiger Uebungen noch den Eintritt der Kontrakturen verhindern. Ist die Einschränkung schon beträchtlich, so lässt sich nur noch in dem Falle, dass dieselbe zunächst bloss die eine der beiden Extremitäten betraf, durch die Uebungen es erreichen, dass die zweite Extremität frei von den Kontrakturen bleibt. An den wilden und scheuen Affen, mit welchen nicht mehr zu machen ist, als dass man sie jagt, und welche selbst damit im ganzen doch nur wenig zum Laufen zu bringen sind, welche man im übrigen höchstens einmal strampeln oder springen sieht, treten regelmässig früh die Kontrakturen ein.

Der Zusammenhang, welcher zwischen der spärlichen Bewegung der Affen und den Kontrakturen besteht, lässt sich dann auch tiefer erfassen.

Die Makaken und die ihnen nahestehenden Affen, welche bei unseren Untersuchungen zur Verwendung kamen, halten stets, wenn sie nicht sich bewegen oder während des Gehens und Laufens einmal stehen, während des Kletterns einmal hängen bleiben, die bekannte sitzende Stellung ein; und erst wenn sie, erkrankt und dem Tode entgegengehend, vor Schwäche umgefallen sind und nicht mehr sich aufzurichten vermögen oder auch, nachdem sie sich mühsam wieder hingesezt haben, nicht mehr sitzen bleiben können, sieht man sie auf der Seite liegen. Indem nun beim Liegen die Haltung der Extremitäten der Ruhe aller ihrer Muskeln und derjenigen Länge derselben, bei welcher die elastischen Kräfte der Antagonisten sich das Gleichgewicht halten, entspricht, zeigt die veränderte Stellung der oberen Glieder der Extremitäten beim Sitzen des Affen eine ansehnliche Verkürzung der Ober- und Vorderarmbeuger, der Ober- und Unterschenkelbeuger und der Fussstrecker, wie eine ansehnliche Verlängerung der Antagonisten der genannten Muskeln an. Gerade dieselben Muskeln aber, deren Verkürzung mit dem Sitzen verbunden ist, und eben nur diese Muskeln sind es, welche, wenn die Affen früher oder später nach der Totalexstirpation der linken Extremitätenregionen so gut wie immer sitzen und die rechten Extremitäten kaum bewegen, an diesen Extremitäten den Kontrakturen verfallen. Das kann nicht lediglich ein zufälliges Zusammentreffen sein, sondern lässt erkennen, dass die Kontrakturen die Folge der ständigen Verkürzung der Muskeln sind. Und wirklich ist man imstande, die Kontrakturen dadurch hintenzuhalten, dass man die Verkürzung der Muskeln künstlich unterbricht. Wenn man bei Affen, welche man nach der Totalexstirpation der linken Extremitätenregionen stets im Käfig

hält, an welchen man somit dessen sicher ist, dass es ohne weiteres Eingreifen zur vollen Ausbildung der Kontrakturen kommen würde, von der Zeit an, zu welcher ein Widerstand bei der passiven Bewegung der oberen Glieder der rechten Extremitäten eben bemerklich wird, diese Glieder täglich durch 5—10 Minuten so bewegt, dass die mit Kontraktur bedrohten Muskeln öfters die normale maximale Dehnung erfahren, so bleiben die Kontrakturen aus, und man stösst nur jeden Tag von neuem auf denselben kleinen Widerstand, wenn man mit den passiven Bewegungen beginnt. Unterlässt man bei einem solchen Versuche nach mehreren Wochen die künstlichen Dehnungen, so findet man einige Tage später die Kontrakturen entwickelt und kann sie durch fernere Dehnungen nicht mehr zurückbilden.

Von der Eigenart des Affen, in der Ruhe zu sitzen, sind also die Kontrakturen abzuleiten, welche zur Beobachtung kommen. Die Verkürzung, in welcher die Ober- und Vorderarmbeuger, die Ober- und Unterschenkelbeuger und die Fussstrecker sich beim Sitzen des Affen befinden, hat nichts weiter zu besagen, so lange diese Muskeln auch öfters bei Bewegungen des Affen gedehnt werden; aber wenn solche Dehnungen längere Zeit gar nicht oder so gut wie gar nicht erfolgen, verlieren die Muskeln an Dehnbarkeit und bleiben verkürzt. Daher führt die Totalexstirpation der linken Extremitätenregionen bei denjenigen Affen, welche täglich ausserhalb des Käfigs sich bewegen, nicht zu Kontrakturen an den rechten Extremitäten, da diese Extremitäten zwar nicht mehr isoliert, wohl aber beim Gehen, Laufen, Klettern usw. regelmässig in Gemeinschaft mit den linken Extremitäten bewegt werden. Ebenso wenig kommt es bei den Affen, welche, sei es von vorneherein, sei es nachdem sie längere Zeit täglich ausserhalb des Käfigs sich bewegt haben, stets im Käfig gehalten werden und fast immer sitzen, zu Kontrakturen an den linken Extremitäten, da diese Extremitäten, wenn auch nicht mehr der Rede wert Gemeinschaftsbewegungen, so doch noch genügend isolierte Bewegungen ausführen. Dagegen treten bei den letzteren Affen die Kontrakturen an den rechten Extremitäten ein, da diese Extremitäten nicht nur keine isolierten Bewegungen, sondern auch kaum mehr Gemeinschaftsbewegungen machen.

Doch bedarf noch der Aufklärung die Einschränkung in den Bewegungen der rechten Extremitäten, welche den Kontrakturen unmittelbar vorausgeht. Sie drängt sich der Beobachtung auf, wo ihrer schon mehrmals Erwähnung geschah, in den Fällen, in welchen die Kontrakturen erst spät eintreten, nachdem die Affen durch Wochen oder Monate das erstbeschriebene Verhalten gezeigt haben: man sieht dann beim Gehen, Laufen, Klettern, Aufrichten der Affen Ober- und Vorderarm, Ober- und Unterschenkel an den rechten Extremitäten deutlich oder sogar auffällig

weniger gestreckt und den Fuss weniger gebeugt werden, als es bis dahin geschah, obwohl zur Zeit noch kein abnormer Widerstand bei den passiven Bewegungen der Glieder zu bemerken ist, obwohl noch eine Woche vergehen kann, ehe die erste Spur der Kontrakturen auffindbar ist. Aber die Einschränkung scheint ganz allgemein bei den Affen mit Kontrakturen vorzukommen; denn man trifft sie auch bei denjenigen Affen an, welche nach der Verstümmelung im Käfig sich selbst überlassen blieben, wofern man nur, wenn man sie in der 3. oder 4. Woche ausserhalb des Käfigs prüft, gerade rechtzeitig vor dem Eintritt der Kontrakturen zur Untersuchung kommt. Es nehmen also, bevor die Kontrakturen beginnen, an anderen Muskeln und zwar an den Antagonisten derjenigen Muskeln, welche etwas später den Kontrakturen verfallen, die Leistungen ab. Woher diese Abnahme rührt, und in welcher Beziehung sie zu den Kontrakturen steht, will noch ermittelt sein, und wir müssen uns dafür den Sektionsergebnissen zuwenden, welche wir so lange vernachlässigt haben.

Man findet nach der Totalexstirpation der linken Extremitätenregionen an allen Affen, wenn sie lange genug lebten, die Muskeln der rechten Extremitäten atrophiert. Bei den erstbetrachteten Affen ist nach mehreren Wochen, jedenfalls einigen Monaten die Muskulatur der rechten Extremitäten deutlich dünner und blasser, als die der linken; wenn man die grossen Muskeln oder Muskelgruppen vergleicht, bleibt darüber kein Zweifel, und bei den Streckern an der Hinterseite des Oberarmes und der Vorderseite des Oberschenkels tritt es regelmässig am meisten hervor. Doch besteht, auch wenn diese Affen 6—8 Monate die Verstümmelung überlebten, immer nur eine mässige Atrophie: bei der mikroskopischen Untersuchung bieten die Muskelfasern das normale quergestreifte Aussehen dar, und es lässt sich nicht einmal ein durchschnittlich geringerer Durchmesser derselben mit Sicherheit feststellen. Die anderen Affen zeigen, sobald die Kontrakturen aufgetreten sind, höhere, später sogar hohe Grade der Atrophie und zugleich stets die Verschiedenheit zwischen den kontrakturierten Muskeln und ihren Antagonisten, dass die letzteren auffällig mehr atrophisch sind als die ersteren. Hatten die Kontrakturen mehrere Monate bestanden, so sind die kontrakturierten Muskeln gelblich und viel dünner als die entsprechenden Muskeln der linken Extremitäten; die Muskelfasern sind verschmälert, ihr Gehalt an Kernen erscheint vergrössert, die kontraktile Substanz zeigt nur zum Teil noch Querstreifen, zum Teil in Querreihen angeordnete Körnchen, und das Bindegewebe zwischen den Muskelfasern ist vermehrt. Darüber hinaus geht aber noch die Atrophie bei den Antagonisten der kontrakturierten Muskeln: sie scheinen bei der ersten Betrachtung fast nur noch aus Bindegewebe und Sehnenstreifen zu be-

stehen, und man sieht bei der genaueren Untersuchung, nur sehr dünne Muskelfasern mit unregelmässig körnigem Inhalt. Wo die Kontrakturen weniger lange bestanden, ist auch die Atrophie geringer. Hatten die Kontrakturen jüngst begonnen, so sind, auch wenn erst etwa ein Monat seit der Verstümmelung verfloss, die Antagonisten der kontrakturierten Muskeln schon wesentlich mehr atrophisch, als man es je bei den erstbetrachteten Affen sieht; an diesen Antagonisten findet man regelmässig den Durchmesser der Fasern verkleinert und oft den Inhalt derselben körnig, während die Fasern der kontrakturierten Muskeln noch alle schön die Querstreifung zeigen und einen durchschnittlich geringeren Durchmesser nicht erkennen lassen.

Die Atrophie, welche uns hier entgegentritt, ist im allgemeinen durch den Schaden verständlich, welchen überall und unter allen Umständen die Muskeln infolge mangelnder oder seltener Inanspruchnahme erfahren. Unter dem Ausfall von Bewegungen, welchen wir im vorigen Kapitel die Totalexstirpation der linken Extremitätenregionen für die rechten Extremitäten mit sich bringen sahen, muss mit der Zeit auch die Muskulatur dieser Extremitäten bei den erstbetrachteten Affen leiden, und natürlich leidet dieselbe Muskulatur noch viel mehr bei den Affen mit Kontrakturen, deren rechte Extremitäten sich viel weniger bewegen. Aber dass von den Muskeln derselben Extremität die einen mehr, die anderen weniger atrophieren, ist nicht so ohne weiteres zu verstehen. Selbst dort, wo die Kontrakturen längere Zeit bestanden, lässt sich die geringere Atrophie der kontrakturierten Muskeln nicht von der grösseren Tätigkeit derselben bei den Bewegungen der rechten Extremitäten ableiten. Denn wenn auch diese Muskeln allerdings noch lange, nachdem die Kontrakturen eingetreten sind, kräftiger Kontraktionen fähig sind, während ihre Antagonisten bloss schwache Bewegungen zeigen, so werden sie doch nur in dem Falle wirklich öfters tätig, dass man die Affen zu Bewegungen anregt: und auch wenn die Affen sich selbst überlassen blieben und äusserst selten aktive Bewegungen an ihren rechten Extremitäten auftraten, stellt sich der grosse Unterschied in der Atrophie zwischen den kontrakturierten Muskeln und ihren Antagonisten heraus. Vollends erscheint eine solche Ableitung unzulässig, wo schon wenige Wochen nach der Verstümmelung, obwohl die Kontrakturen erst jüngst deutlich wurden, der Unterschied in der Atrophie ganz auffällig ist. Zieht man dazu noch in Betracht, dass auch bei den erstbehandelten Affen, bei welchen die Atrophie überhaupt nur sehr mässig ist und sehr langsam vorschreitet, ein gleichsinniger Unterschied in der Atrophie sich zu erkennen gibt, so kann man nicht umhin, noch einen besonderen Umstand dafür in Anspruch zu nehmen, dass die einen Muskeln rascher atrophieren als die anderen.

Den nächstliegenden Gedanken, die Verschiedenheiten heranzuziehen, welche im Verhalten der Beuge- und der Streckmuskeln gefunden worden sind¹⁾, muss man sogleich fallen lassen. Denn während sonst die Beuger sich empfindlicher gegen schädliche Einflüsse ergeben haben als die Strecker, die ersteren rascher dem Tode verfielen als die letzteren, würden hier durch die Untätigkeit gerade die Strecker mehr geschädigt sein als die Beuger; und zudem sind es doch bloss allermeist die Beuger, welche sich weniger atrophisch zeigen als die Strecker, da die kontrakturierten Strecker des Fusses weniger atrophisch sind als die Beuger desselben. Aber ebendiese Erwägungen leiten zugleich die Aufmerksamkeit darauf hin, dass der raschen Atrophie gerade die nämlichen Muskeln unterliegen, welche beim Sitzen des Affen ansehnlich verlängert sind. Dass lässt sich nicht für einen blossen Zufall nehmen und um so weniger, da man weiss, dass Dehnung der Muskeln ihren Stoffumsatz steigert²⁾ und ihr Absterben beschleunigt³⁾. Man muss demnach wiederum im Sitzen des Affen jenen gesuchten besonderen Umstand sehen; und dass damit das Richtige getroffen, erhärtet denn auch die Musterung der Sektionsergebnisse. Die erstbetrachteten Affen sassen mehr als in der Norm, aber immer doch wieder gingen sie, liefen sie usw., wodurch es zu vielen Gemeinschaftsbewegungen der rechten Extremitäten kam: bei diesen Affen wurde der Unterschied in der Atrophie der antagonistischen Muskeln immer erst spät merklich und überschritt derselbe selbst in langer Zeit nie ein geringes Mass. Dagegen bot sich jedesmal sogleich ein auffälliger Unterschied in der Atrophie dar, nachdem die Kontrakturen eingetreten waren, wenn der Affe also viel mehr als in der Norm und besonders durch Tage so gut wie andauernd sass. Es machte dabei für die Grösse des Unterschiedes nichts aus, ob der Affe von vorneherein im Käfig verblieben oder erst, nachdem er wochenlang ausserhalb des Käfigs sich bewegt hatte, im Käfig zurückgehalten war: so dass sicher nicht der Zeit seit der Verstümmelung, sondern der Dauer des Sitzens Bedeutung zukam. Und je länger dann die Kontrakturen bestanden, je länger mithin der Affe sass, desto grösser war auch der Unterschied der Atrophie, der zur Beobachtung kam.

Wenn der Affe früher oder später nach der Totalexstirpation der linken Extremitätenregionen so gut wie immer sitzt und die rechten

1) Osswald, Pflügers Arch. **50**. 1891. 228. — Langendorff, ebenda **55**. 1893. 481. — S. dort auch die ältere Litteratur.

2) Gotschlich, Pflügers Arch. **56**. 1894. 373.

3) Wundt, Die Lehre von der Muskelbewegung. Braunschweig 1858. 40, 70—72. — O. Nasse, Pflügers Arch. **17**. 1878. 285—286.

Extremitäten kaum bewegt, verfallen also diejenigen Muskeln dieser Extremitäten, welche beim Sitzen ansehnlich verlängert sind, die Ober- und Vorderarmstrecker, die Ober- und Unterschenkelstrecker und die Fussbeuger, einer besonders raschen Atrophie; und daher kommt es zur Abnahme der Leistungen dieser Muskeln und zu der entsprechenden Einschränkung in den Bewegungen der rechten Extremitäten, noch ehe an den Antagonisten der genannten Muskeln die Kontrakturen eintreten. Die Kontrakturen sind dann auch in der Folge nicht von Einfluss auf die rasche Atrophie; denn diese schreitet dort, wo die Kontrakturen zur vollen Ausbildung kommen, nur gerade so vor, wie in den anderen Fällen, in welchen man die Entwicklung der Kontrakturen durch tägliche künstliche Dehnungen der bedrohten Muskeln verhindert. Ebenso wenig sind aber andererseits die Kontrakturen die Folge jener raschen Atrophie. Denn die Kontrakturen entstehen ebenso, wie die rasche Atrophie, wenn der Affe von vorneherein nach der Verstümmelung oder von einer späteren Zeit an, im Käfig zurückgehalten, andauernd sitzt; und da der Affe alsdann eben doch nicht geht, läuft, klettert usw., muss es für das Verhalten der den Kontrakturen verfallenden Muskeln ohne Belang sein, ob ihre Antagonisten normal bleiben oder an Leistungsfähigkeit verlieren. Es kann nur die rasche Atrophie ein die Entwicklung der Kontrakturen begünstigendes Moment abgeben, wie in dem Falle, wo an dem Affen, der eine Zeitlang andauernd sass und bereits eine ansehnliche Einschränkung in den Bewegungen der rechten Extremitäten erfuhr, neue Anregungen oder Uebungen den Eintritt der Kontrakturen nicht mehr aufzuhalten vermögen.

Aeusserst selten habe ich in den zahlreichen Versuchen Abweichungen von dem geschilderten Verhalten der Affen mit Kontrakturen beobachtet, derart dass die Kontrakturen der Unterschenkelbeuger oder der Fussstrecker ausblieben oder auch noch die Hand durch Kontrakturen unbeweglich wurde. Es handelte sich dabei immer um Affen, welche mit anderen zusammen in demselben Käfig gehalten worden waren und dicht an ihre Genossen gedrängt, gewissermassen einen Knäuel mit ihnen bildend, gesessen hatten, während es zur Entwicklung und Ausbildung der Kontrakturen kam. In der ungewöhnlichen Stellung, welche in diesen Fällen den Gliedern aufgenötigt war, dürften deshalb die Abweichungen ihre natürliche Erklärung finden.

So sehen wir schliesslich, dass die Affen mit Kontrakturen unsere Einsicht in die Bedeutung, welche die Extremitätenregionen beim Affen für die gegenseitigen Extremitäten haben, im grunde gar nicht bereichern. Sie belehren uns nur darüber, wie unter Umständen der Ausfall der isolierten Bewegungen der Extremitäten weitere üble Folgen nach sich zieht. Wenn nach dem Verluste der Extremitätenregionen der

Affe, sei es aus Schwäche, sei es aus Temperament, sei es aus einer äusseren Ursache, wie der Gefangenschaft im engen Käfig, nicht mehr geht, läuft, klettert usw., sind, während die gleichseitigen Extremitäten noch weiter isolierte Bewegungen machen, die gegenseitigen Extremitäten, die lediglich Gemeinschaftsbewegungen ausführen können, zur Bewegungslosigkeit verurteilt; und weil der Affe in der Ruhe immer sitzt, verfallen dann an den letzteren Extremitäten die beim Sitzen verkürzten Muskeln der Kontraktur und ihre beim Sitzen gedehnten Antagonisten der raschen Atrophie. Infolgedessen kann es zu Paresen und Paralysen kommen. Aber diese Paresen und Paralysen sind, wenn auch reine Folgen des Verlustes der Extremitätenregionen, doch eben nicht mehr als sekundäre und, man kann sagen, zufällige Folgen. Primäre und notwendige Folgen des Verlustes der Extremitätenregionen sind lediglich diejenigen Störungen in den Bewegungen, welche wir im vorigen Kapitel kennen lernten, und aus diesen allein sind daher Rückschlüsse auf die normalen Leistungen der Extremitätenregionen des Affen gestattet.

Ueber die Fühlsphären der Grosshirnrinde.

Vierte Mitteilung.

(Sitzungsberichte der Berliner Akademie der Wissenschaften 1895. 595—613.)

8.

Beim Hunde zeigen nach der Totalexstirpation der linken Extremitätenregionen die rechten Extremitäten, wenn der Hund geht, läuft, sich aufstellt, springt, strampelt, die nämlichen Störungen in den Bewegungen, wie ich sie von dem Affen beschrieb, der frei von Kontrakturen bleibt, so dass die im 6. Kapitel gegebene Schilderung auch für den Hund zutrifft. Nur habe ich bei diesem äusserst selten das Hinterbein das Vorderbein streifen und nie es zu einer Art von Hüpfen an den Hinterbeinen kommen sehen. Bezüglich der Ungeschicktheiten in den Bewegungen der rechten Extremitäten, welche nach 6—8 Wochen übrig bleiben, konnte ich beim Hunde mich vergewissern, dass sie durch Jahre unverändert sich erhalten.

Nach der Totalexstirpation der Extremitätenregionen auf beiden Seiten zugleich, welchen Eingriff die Hunde, wenn nur die gefährlichen Nachblutungen ausbleiben, vertragen, treten ebensolche Störungen in den Bewegungen, wie wir eben die Totalexstirpation der linken Extremitätenregionen für die rechten Extremitäten mit sich bringen sahen, zugleich an den rechten und an den linken Extremitäten des Hundes auf und nehmen in gleicher Weise in 6—8 Wochen ab, bis schliesslich dieselben Ungeschicktheiten rechts und links für die Dauer verbleiben. Daneben gehen die in den Bereich der Empfindlichkeit fallenden Störungen einher, welche alle gerade so, wie ich sie im 3. Kapitel nach der linksseitigen Totalexstirpation für die rechten Extremitäten beschrieb, nach der beiderseitigen Totalexstirpation an den rechten und an den linken Extremitäten des Hundes sich wiederholen.

Gehen, Laufen usw. des Hundes erscheinen demgemäss durch die beiderseitige Verstümmelung viel schwerer geschädigt, als durch die einseitige. In der Regel erst am 3. Tage nach der Operation gelingt es

dem Hunde, sich durch Strampeln aus dem Liegen zu erheben und zu gehen, aber weil die Beine zu weit oder zu wenig ausschreiten, Vorder- wie Hinterbeine sich überkreuzen oder auf einander treten, die Füße schleifen oder verkehrt aufgesetzt werden oder abgleiten, stürzt der Hund immer nach wenigen Schritten hin, bald nach der Seite fallend, bald nach vorn oder hinten überschlagend; und da er infolge der abnormen Stellungen, welche jederzeit die Beine haben, erst recht nicht zu stehen vermag, gibt der Hund in kurzem alle Bewegungen auf und bleibt lange Zeit ruhig liegen, bis endlich ein besonderer Anlass neues Strampeln und neue Gehversuche herbeiführt. Täglich macht sich dann eine Besserung bemerklich, indem der Hund, wenn er lange gelegen hat, leichter auf die Füße kommt und besser geht. 8 Tage nach der Operation läuft er die ersten 1—2 Minuten, ohne dass mehr als ein stark schallendes Aufschlagen der Füße auffällt; darauf geht er immer langsamer und immer mehr wie ein Trunkener schwankend, die Füße gleiten immer häufiger ab, die Beine überkreuzen sich öfter und öfter oder kommen in andere fehlerhafte Stellungen usw., und so fällt der Hund in immer kürzeren Zwischenzeiten um, bis er nach längstens einer Viertelstunde erschöpft liegen bleibt. Anders als an die Wand, den Tischfuss und dergl. gelehnt oder das Kinn fest auf den Boden stemmend und dabei noch schwankend, kann er derzeit nicht stehen; beim Koten und Harnen überschlägt er oder fällt er auf den Steiss; nimmt er im Gehen ein Fleischstück mit dem Maule auf, schiesst er nach vorn über. 3 Wochen nach der Operation verlangsamt und verschlechtert sich das Gehen viel allmählicher und kommt es in der ersten Stunde nur noch selten zum Hinstürzen, da der Hund, wenn er auch oft stolpert, doch meist sich aufrecht zu erhalten vermag. Eine kurze Weile kann der Hund jetzt frei stehen, ohne zu schwanken; fängt er zu schwanken an, so setzt er sich sogleich wieder in Gang. Auch erhebt er sich schon nach hoch vorgehaltenen Fleischstücken auf den Hinterfüssen; doch fällt er, sobald er sich aufgerichtet hat, nach der Seite oder nach hinten um. Endlich etwa 8 Wochen nach der Operation ist das Verhalten erreicht, bei dem es für die Folge bleibt. Hat der Hund lange zuvor geruht, so bietet er in einer ersten Zeit, während welcher er nie langsam, sondern immer rasch geht oder läuft, zeitweise auch steht, nur wenige Abnormitäten dar: er geht manchmal vorn und besonders hinten auffällig breitbeinig und schlägt stets stark mit den Füßen auf; er schleift zuweilen einen Fuss zu Anfang des Gehens und wenn er die Richtung ändert, oder setzt ihn zu Ende des Gehens schlecht auf; er lässt öfters einen Fuss auf dem Boden gleiten, wenn er im Laufen eine kurze Wendung macht oder den Lauf hemmt. Nach 20—30 Minuten ist aber dasselbe nur noch gelegentlich einmal und für

kurze Zeit zu beobachten, wenn der Hund in leidenschaftlicher Erregung läuft; sonst geht der Hund langsam und je länger es dauert, desto langsamer, und entsprechend nehmen die Abnormitäten zu. Die Beine werden fehlerhaft gehoben, meist die Hinterbeine zu hoch, die Vorderbeine zu wenig hoch, bis sogar die ersteren die letzteren hin und wieder streifen, und fehlerhaft aufgesetzt, zu weit nicht bloss nach vorn oder hinten, sondern auch nach innen, so dass es zum Ueberkreuzen kommt, ein Fuss auf den anderen tritt und der Hund schliesslich immerfort stolpert. Beim Stehen stellt sich jetzt Schwanken ein, anfangs ganz schwaches, dann deutliches, später auffälliges Schwanken, und immer öfter gleitet dieser oder jener Fuss ab oder knickt dieses oder das andere Vorderbein im Karpalgelenk nach vorn um; endlich ist das Stehen meist äusserst abgekürzt, weil die Beine von vorneherein in ganz abnormen Stellungen sich befinden. Trotz alledem können 1½ Stunden und mehr vergehen, ehe der Hund ein erstes Mal beim Gehen hinstürzt, und auch nur langsam nimmt das Umfallen an Häufigkeit zu. Zuerst erhebt sich dann der Hund sofort und gut wieder auf die Beine, aber allmählich wird das Aufstehen immer schwerer, weil besonders die Vorderfüsse abgleiten, und endlich bleibt der Hund liegen. Es kommt auch vor, dass der Hund aus dem Stehen zur Zeit, wo dieses schon sehr erschwert ist, unter Beugung der Vorder- und Hinterbeine zum Liegen übergeht, mehr zu Boden sinkt, als dass er sich legt. Nie setzt sich der Hund; bringt man ihn künstlich in die sitzende Stellung, so gleiten jedesmal die Vorderfüsse ab, so dass es zum Liegen kommt. Auch Springen und Aufrechtstellen, die nach langer Ruhe wie normal sich vollziehen können, werden, je länger der Hund in Bewegung war, infolge des Abgleitens der Füsse immer ungeschickter und unvollkommener ausgeführt. Zu keiner Zeit legt der Hund, wenn er sich am Menschen, am Tische usw. aufstellt, in der normalen Weise die Vorderbeine an, sondern diese werden rhythmisch abwechselnd auf- und abwärts bewegt und können schliesslich vertikal herabhängen, während der Kopf durch Anlegen des Kinnes zur Unterstützung herangezogen wird; fügt es schon einmal der Zufall, dass unter dem Hin- und Hergehen der Vorderbeine ein Vorderfuss zur Anlagerung kommt, so liegt er doch nur ganz lose an und gleitet bald wieder ab.

Dasselbe Verhalten des Hundes kommt zur Beobachtung, wenn die Verstümmelung zweizeitig ausgeführt wurde, wenn der Totalexstirpation der linken Extremitätenregionen erst nach 1—2 Monaten oder noch später die der rechten Extremitätenregionen nachfolgte. In solchem Falle vermag nur der Hund ein wenig eher sich zu erheben, und bessern sich Gehen und Stehen etwas rascher, indem die rechten Extremitäten

nicht nur von vorneherein kräftiger agieren als die linken, sondern auch weniger oft schleifen, abgleiten, verkehrt aufgesetzt werden.

Demnach verhält es sich mit den Gemeinschaftsbewegungen der Extremitäten, welche zu den Prinzipalbewegungen, dem Gehen, Laufen, Aufrichten usw. gehören, beim Hunde wie beim Affen, und ist auch beim Hunde einerseits den Extremitätenregionen der vervollkommnende oder verfeinernde Einfluss auf die Gemeinschaftsbewegungen der zugehörigen Extremitäten zuzuschreiben, andererseits die Besserung in den Gemeinschaftsbewegungen der Extremitäten, welche nach dem Untergange der Extremitätenregionen durch Wochen hindurch fortschreitet, von der Zunahme abzuleiten, welche die Erregbarkeit der Rückenmarkszentren der Extremitäten infolge der Isolierungsveränderungen erfährt. Beim Hunde bietet sich nur das Besondere dar, dass nach der beiderseitigen Totalexstirpation, wenn die Besserung in den Gemeinschaftsbewegungen der Extremitäten ihr Maximum erreicht hat, alltäglich im Verlaufe von ein paar Stunden die Stadien wiederum rückwärts durchlaufen werden können, welche vorher in einer Reihe von Wochen vorwärts zurückgelegt worden waren. Es findet das darin seine Erklärung, dass, während der Affe jedesmal, sobald er sich eine Weile bewegt hat, sich setzt und ausruht, der Hund ohne Extremitätenregionen stundenlang beim Gehen und Stehen bleibt und so immer müder wird: damit geht für die Gemeinschaftsbewegungen der Extremitäten mehr und mehr verloren, was infolge der Isolierungsveränderungen durch die Erhöhung der Erregbarkeit der Rückenmarkszentren gewonnen war, — freilich nur vorübergehend verloren, bis durch Liegen des Hundes die Ermüdung beseitigt ist.

Beachtung verdient noch, dass, wenn gewisse Prinzipalbewegungen des Affen, wie das Klettern, dem Hunde abgehen, wiederum andere Prinzipalbewegungen dem Hunde eigentümlich sind. Wir sahen, dass, wenn nach der beiderseitigen Totalexstirpation der Extremitätenregionen das Tier sich aufstellt, beim Affen höchstens zugleich der eine Arm etwas nach vorn, der andere etwas nach hinten geht, beim Hunde aber beide Vorderbeine rhythmisch abwechselnd vor- und rückwärts sich bewegen. Solches Hin- und Hergehen der Vorderextremitäten ist beim Affen überhaupt nicht zu beobachten, beim verstümmelten so wenig wie beim normalen, er müsste denn mit dem ganzen Körper Strampelbewegungen machen. Dagegen tritt es beim Hunde, und zwar bei demjenigen, der eine oder beide Extremitätenregionen verloren hat, ebenso wie beim unversehrten, auch in der Form der beiderseitigen Scharrbewegung auf, wenn der Hund nach Nahrung gierig ist, die vor ihm auf dem Boden liegt, die er aber nicht mit dem Maule, der unversehrte oder einseitig verstümmelte Hund auch nicht mit einer Vorderextremität

zu fassen vermag und die er doch zu erlangen strebt. Man studiert diese Bewegung am besten, wenn man vor dem hungerigen Hunde Fleischstücke in passendem Abstände unter einen Schrank mit sehr niedrigen Füßen legt, und konstatiert so bei dem verstümmelten Hunde dasselbe, was sich für die anderen Prinzipalbewegungen ergab: die geschädigte Extremität führt die Scharrbewegung mit der Zeit immer besser aus, aber schliesslich doch für die Dauer unvollkommen, indem die Zehen allermeist gar nicht tätig werden. Dass hin und wieder einmal der regelmässige Wechsel in der Tätigkeit der Vorderbeine eine Unterbrechung erfährt, indem dasselbe Bein ein paarmal für sich allein die Scharrbewegung macht, kann nicht auffallen, da ähnliche Unregelmässigkeiten aus unbekannter Ursache auch schon nach Durchschneidungen des Rückenmarks bei den Rückenmarksreflexen vorkommen, z. B. das Taktschlagen der beiden Hinterbeine zuweilen für eine kurze Zeit durch das Taktschlagen eines einzelnen Hinterbeines abgelöst wird.

Bezüglich derjenigen Störungen in den Bewegungen, welche ausserhalb des Bereiches der Prinzipalbewegungen die Totalexstirpation der Extremitätenregionen mit sich bringt, wissen wir schon lange, dass an den zugehörigen Extremitäten auf mechanischen Angriff lediglich die Gemeinreflexe zu beobachten sind, nie mehr die Berührungsreflexe. Der Hund stimmt hinsichts dieser beiderlei Reflexe in allen Stücken mit dem Affen überein. Hinzukommt, dass der Hund, der die Extremitätenregionen einer Seite verloren hat, nur das gleichseitige, nie das gegenseitige Vorderbein für sich allein in Bewegung setzt, um Nahrung, die er mit dem Maule nicht erreichen kann, zu greifen und heranzuholen, grosse Fleischstücke oder Knochen während des Fressens festzuhalten, mit Exkrementen besudeltes Stroh oder überschüssige Nahrung und dergl. zu entfernen oder zu verscharren. Auch wenn Jahre nach der Operation verfliessen, tritt darin keine Aenderung ein. Mithin gehen auch beim Hunde mit dem Untergange der Extremitätenregionen isolierte Bewegungen der zugehörigen Extremitäten, welche nicht Gemeinreflexe oder Rückenmarksreflexe sind, für immer verloren. Aber ob beim Hunde ebenso, wie beim Affen, alle derartigen Bewegungen durchaus für die Folge fehlen, bedarf im Hinblick auf Angaben von Hrn. Goltz einer eingehenderen Untersuchung.

Bieten auch Hrn. Goltz' ältere Versuche mit Durchspülung oder ausgedehnter Zerstörung der Hemisphäre ebensowenig, wie die Versuche anderer Forscher mit Zerstörung des Gyrus sigmoideus, die Sicherheit, dass die Extremitätenregionen völlig exstirpiert waren, so kann doch in der Richtung kein Bedenken aufkommen gegenüber Hrn. Goltz' neueren Versuchen mit Abtragung einer ganzen Hemisphäre oder der vorderen Hälfte derselben. Bei diesen Versuchen hat sich Hrn. Goltz ergeben,

dass der Hund zuerst allerdings die Benutzung der gegenseitigen Pfote als Hand vernachlässigte, später aber die gegenseitigen Pfoten noch zu einzelnen Handlungen benutzte; und Hr. Goltz hat es damit für bewiesen gehalten, dass der Fortbestand einer Grosshirnhälfte genügt, um zweckmässige, offenbar willkürliche Einzelhandlungen der gleichseitigen Pfoten zu ermöglichen¹⁾. Darnach müssen auch im Falle der Total-exstirpation der Extremitätenregionen jene „einzelnen Handlungen“ und „willkürlichen Einzelhandlungen“ der gegenseitigen Extremitäten vorkommen; und da „willkürliche Einzelhandlungen“ nur isolierte Bewegungen sein können, wie sie bei uns in Frage stehen, können wir nicht umhin, alle weiteren Bewegungen, welche die gegenseitigen Extremitäten zeigen, der Reihe nach prüfend zu mustern.

Der Hund macht nach der Totalexstirpation der Extremitätenregionen von der 3. Woche an Kratzbewegungen mit dem gegenseitigen Hinterbeine; er kratzt oftmals ganz in die Luft, sonst wenigstens zu Anfang oder zu Ende der Bewegungen, und er trifft in den letzteren Fällen bei wiederholtem Kratzen verschiedene Stellen der Haut oder auch immer wieder dieselbe Stelle, so dass es zur Bildung eines haarlosen Fleckes kommen kann. Die Bewegungen unterscheiden sich in keiner Hinsicht von denjenigen Kratzbewegungen, welche sich durch Berühren oder Streichen der Haut herbeiführen lassen und uns als Kratzreflex bereits wohlbekannt sind²⁾; und sie kommen mit diesen insbesondere auch darin überein, dass der Hund während ihres Ablaufes, um Gergens' Worte zu gebrauchen³⁾, trotz dem nicht selten vollständig ausbleibenden Nutzen der Bewegung, ganz gleichgültig bleibt, frisst, sich mit anderen Dingen beschäftigt. Es liegt demgemäss kein Anlass vor, ihnen eine andere Bedeutung als den letzteren Bewegungen beizumessen, in ihnen anderes als Rückenmarksreflexe zu sehen, die hier ohne unser Zutun durch zufällige Reizungen der Haut zustandekommen.

Mit dem Vorderbeine der Gegenseite macht der Hund solche Kratzbewegungen nicht, aber doch ähnliche Bewegungen, indem er das Vorderbein wiederholt an die in der Heilung begriffene Kopfwunde heranzieht. Die Bewegungen, welche unter diesen Umständen nur selten zur Beobachtung kommen, kann man sich öfter vorführen, wenn man das gleichseitige Auge mit einem Tuche verbindet oder an die gleich-

1) Pflügers Arch. 42. 1888. 425—426 (426 Z. 2 v. o. muss es „der rechten Vorderpfote“ statt „der linken Vorderpfote“ heissen).

2) S. oben 33 ff.

3) S. oben 35.

seitige Gesichtshaut eine gezahnte Klemme legt, indem alsdann das Vorderbein ebenso gegen das Tuch oder die Klemme fährt. Aber während das ungeschädigte Vorderbein in entsprechenden Fällen jedesmal mit den Zehen in die Wunde greift und das Tuch oder die Klemme mit den Zehen fasst, schlägt unser Vorderbein immer an der Reizstelle vorbei, wird es immer nur gehoben und mehr oder weniger nahe der Wunde, dem Tuche, der Klemme, welche es höchstens streift, rasch abwärts geführt. Die aktive Bewegung des Vorderbeines bleibt dabei in der Regel auf seine oberen Glieder beschränkt, so dass der Fuss bloss passiv mitgeführt wird; und nur hin und wieder, wenn der Hund sehr aufgeregt wird, dehnt sich die aktive Bewegung auch auf die unteren Glieder bis zu den Zehen aus. Geschieht es einmal in einem der letzteren Fälle, dass sich ein Zehennagel in den Falten des das Auge verschliessenden Tuches verfängt, so erlischt die Bewegung des Vorderbeines und verharret dieses ruhig in der abnormen Lage, bis es nach einiger Zeit von neuem zum Schlagen sich hebt oder, wie ich es häufiger gesehen habe, indem der Hund sich in Gang setzt, durch die Gehbewegung wieder frei wird. Demnach sind diese Bewegungen des Vorderbeines offenbar nicht willkürliche Bewegungen, sondern Abwehrreflexe, deren Reflexzentren in der Medulla oblongata anzunehmen sind: Reflexe, wie sie auch am Kaninchen nach der Abtragung des ganzen Grosshirns z. B. auf Reizung der Conjunctiva zu beobachten sind und ähnlich am grosshirnlosen Hunde vorkommen, den Hr. Goltz gelegentlich bei anhaltendem Blasen des Nebelhorns mit der einen oder der anderen Vorderpfote gegen das Ohr fahren sah¹⁾.

Auch die beiderseitige Totalexstirpation der Extremitätenregionen lehrt, dass mit den vorbesprochenen Bewegungen des Hinterbeines wie des Vorderbeines das Grosshirn nichts zu schaffen hat. Da ausschliesslich die Extremitätenregionen von Einfluss auf die Bewegungen der Extremitäten sich erweisen, indem die Zerstörung keiner anderen Partie der Grosshirnrinde Störungen in diesen Bewegungen mit sich bringt, könnte man nur annehmen, dass nach der Totalexstirpation der einen Extremitätenregionen die Bewegungen der Extremitäten der Gegenseite durch die erhaltenen Extremitätenregionen ebendieser Seite herbeigeführt würden. Aber der Hund, der seine rechten und seine linken Extremitätenregionen verloren hat, macht mit dem rechten wie mit dem linken Hinterbeine die Kratzbewegungen und schlägt ebensowohl mit dem rechten wie mit dem linken Vorderbeine, je nach der Seite, auf welcher

1) Pflügers Arch. 51. 1892. 572. — Vergl. dazu: H. Munk, Verhandl. der Physiolog. Ges. zu Berlin 1893—94. 73; Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1894. 363 (s. unten Abhandlung VII).

die Reizung erfolgt; sind ihm beide Augen verbunden, so schlägt er bald mit dem einen, bald mit dem anderen Vorderbeine und setzt zuweilen auch, wenn er auf dem Bauche liegt, fast gleichzeitig beide Vorderbeine zum Schlagen in Bewegung.

Die Zuverlässigkeit der Entscheidung, welche die beiderseitige Totalexstirpation der Extremitätenregionen so gewährt, wird zum Ueberfluss noch durch das gegenteilige Verhalten erhärtet, das sich in anderen Fällen, zu welchen unsere Musterung weiter führt, für die Bewegungen der Extremitäten herausstellt. Während der unversehrte Hund die Nahrung, die er, um sie verzehren zu können, in Stücke zerlegen muss, wie den dicken Fleischklumpen, den langen Knochen, das Rippenstück und dergl., mit beiden Vorderbeinen geschickt hält und bewegt, verfährt der Hund, der die einen, sagen wir die linken Extremitätenregionen verloren hat, ebenso nur mit dem linken Vorderbeine. Jedoch verharret, sobald Wochen seit der Operation vergangen sind, das rechte Vorderbein, auch wenn die Hinterbeine auf ihrem Platze bleiben, es also nicht zu einer Gehbewegung kommt, nicht immer in Ruhe, sondern gerät zeitweise in Tätigkeit, indem es entweder bloss gehoben und gesenkt wird oder auch vorgesetzt, zurückgezogen usw. Regelmässig treten diese Bewegungen ein, wenn es dem linken Vorderbeine nicht gelingt, die Nahrung in der passenden Lage zu halten, und der Hund sich deshalb ereifert; so dass es ganz den Eindruck macht, als sollte das rechte Vorderbein, wie in der Norm, zu Hülfe kommen. Indes leistet dieses Vorderbein in der Tat die Hülfe nicht, weil der Fuss nie die Nahrung fasst, meist sogar nicht in Berührung mit der Nahrung kommt, und gewährt höchstens passiv dadurch Nutzen, dass zufällig einmal der Fuss auf die Nahrung tritt oder die hin- und hergezerrte Nahrung an den Fuss stösst und so einen Widerstand findet, der ihre weitere Verschiebung hemmt.¹⁾ Sind die linken und die rechten Extremitätenregionen exstirpiert, so greift der Hund ausschliesslich mit dem Maule die Nahrung an und bleiben beide Vorderbeine untätig; auch wenn der Hund noch so eifrig wird, beteiligen sich die Vorderbeine bloss an der Gehbewegung, welche der Hund auf dem Platze macht, und bringen nunmehr beide nicht anders als passiv denjenigen Nutzen, den wir vorher das rechte Vorderbein gewähren sahen.

Hier haben wir nun in den Bewegungen, welche das rechte Vorderbein nach der Totalexstirpation der linken Extremitätenregionen macht,

1) Goltz gibt an, „dass das Tier noch die Fähigkeit besitzt, einen Knochen mit beiden Vorderpfoten wie mit zwei Händen festzuhalten, wenngleich es die rechte Pfote nicht so geschickt dabei verwertet wie die linke“ (Pflügers Arch. 42. 1888. 425; vergl. ebenda 34. 1884. 461). Man ersieht aus meiner Schilderung, welche Bewandnis es mit der „ungeschickten Verwertung“ beim „Festhalten“ hat.

Bewegungen, welche vom Grosshirn, und zwar von den Extremitätenregionen der gleichen Seite abhängig sind. Indem sie nie, wie die Bewegungen des linken Vorderbeines, für sich allein, sondern immer in Verbindung mit den letzteren Bewegungen auftreten, sind sie nicht isolierte Bewegungen; aber sie können auch nicht als Gemeinschaftsbewegungen Prinzipalbewegungen angehören, weil sie nach dem Untergange der Extremitätenregionen gänzlich fehlen. Sie können deshalb nur sekundäre Bewegungen sein, wie wir solche beim Affen, bisher aber noch nicht beim Hunde fanden, d. h. Gemeinschaftsbewegungen des rechten Vorderbeines, welche nach der Vernichtung der zugehörigen Extremitätenregionen auf die Weise zustandekommen, dass die Rückenmarkszentren dieses Vorderbeines von anderen Rückenmarkszentren in Erregung gesetzt werden; und zwar müssen sie dadurch herbeigeführt sein, dass die Erregung von den erhaltenen rechten Extremitätenregionen aus zu den Rückenmarkszentren des linken Vorderbeines, welche durch direkte Leitungsbahnen mit ihnen verbunden sind, gelangt und von hier auf die Rückenmarkszentren des rechten Vorderbeines übergeht. Dem Wesen der sekundären Bewegungen entspricht es auch nach dem, was wir beim Affen sahen, dass die Bewegungen des rechten Vorderbeines während einer ersten Zeit nach der Operation eine fortschreitende Besserung zeigen, aber doch schliesslich für die Dauer unvollkommen bleiben.

Unterscheidet man willkürliche und unwillkürliche Bewegungen, so lassen sich unsere Bewegungen des rechten Vorderbeines sowohl den ersteren wie den letzteren zurechnen. Einmal kann, wenn für die beabsichtigte Verstärkung der Bewegungen des linken Vorderbeines die von den rechten Extremitätenregionen ausgehende Erregung mehr und mehr wächst, die Erregung der Rückenmarkszentren des linken Vorderbeines bei einer gewissen Grösse die Erregung der Rückenmarkszentren des rechten Vorderbeines zur notwendigen Folge haben und es so zur Bewegung des rechten Vorderbeines ohne, ja wider den Willen kommen. Dass dann zugleich oder noch eher die benachbarten Rückenmarkszentren des Rumpfes in Erregung geraten müssten, lässt sich nicht entgegenhalten, weil die Leitung der Erregung zwischen den Rückenmarkszentren der beiderseitigen Extremitäten, in Anbetracht ihres Zusammenwirkens beim Gehen, Laufen usw., eine besonders gute sein kann und nach dem, was man bei den Gemeinreflexen beobachtet, tatsächlich ist. Andererseits aber kann auch, wie es unmittelbar den Eindruck macht, die Bewegung des rechten Vorderbeines beabsichtigt sein, um die Bewegungen des linken Vorderbeines zu unterstützen, und darum die von den rechten Extremitätenregionen ausgehende Erregung über die für die Bewegungen des linken Vorderbeines erforderliche Stärke hinaus soweit wachsen, dass durch die Rückenmarkszentren des linken Vorder-

beines als auf dem zur Zeit nächsten und besten Wege die Erregung der Rückenmarkszentren des rechten Vorderbeines erfolgt. Beim Menschen würde entsprechendenfalls die Auskunft helfen, welche derselbe über sein Wollen gäbe. Beim Hunde verrät nichts in den Beobachtungen, ob er das eine oder das andere will, und lässt sich deshalb zwischen den beiden Möglichkeiten nicht entscheiden. Aber wenn man auch unsere Bewegungen des rechten Vorderbeines für willkürliche Bewegungen oder Handlungen ansehen kann, so sind sie doch keinesfalls Einzelhandlungen des Vorderbeines; und man muss es ein richtiges Empfinden nennen, dass Hr. Goltz selber nur wenig Gewicht dem vorliegenden Falle beimass, indem er andere Bewegungen des geschädigten Vorderbeines ausdrücklich für „weit beweiskräftiger“ erklärte.

Was diese anderen Bewegungen betrifft, so hören wir von Hrn. Goltz das Folgende¹⁾: Während der Hund, dessen linke Grosshirnhälfte entfernt ist, im Käfig sich befindet, werden auf ein wagerechtes Brett, das unmittelbar vor den Gitterstäben in gleicher Höhe mit dem Fussboden des Käfigs angebracht ist, Fleischstücke gelegt. „Der Hund riecht das Fleisch, steckt die Schnauzenspitze zwischen die Stäbe und versucht die Bissen mit den Zähnen zu erreichen. Da ihm dies aber nicht gelingt, streckt er bald die linke, bald, doch seltener, die rechte Vorderpfote durch die Lücken des Gitters, fasst die Fleischstücke, zerrt sie in den Käfig und verzehrt sie. Es kann also nicht dem geringsten Zweifel unterliegen, dass dieser Hund imstande ist, die rechte Vorderpfote für sich allein oder gemeinschaftlich mit der anderen willkürlich als Hand zu benutzen.“

Das erscheint von einer Einfachheit und Klarheit, dass es nur zu verwundern bleibt, wie Hr. Goltz an den gleichen Nachweis noch so viele andere Mühe hat verschwenden können. Geht einmal die linke, ein andermal die rechte Vorderpfote vor, fasst das Fleisch und holt es heran, so kommen natürlich Einzelhandlungen auch des rechten Vorderbeines vor; und nichts hat dabei zu besagen, dass diese Einzelhandlungen seltener auftreten als die des linken Vorderbeines. Aber es muss doch schon bei der nächsten Erwägung stutzig machen, dass ausschliesslich bei jener Prüfungsweise das geschädigte Vorderbein seine ganze Leistungsfähigkeit offenbaren soll, während sonst der Hund unter wesentlich gleichen Umständen, z. B. wenn er, an der Kette liegend, die Nahrung nicht mit dem Maule fassen kann, nach Hrn. Goltz selber nie mit der rechten Pfote nach der Nahrung langt, sondern lediglich die linke Pfote benutzt, die Nahrung zu holen. Die Vornahme der einfachen Prüfung, für welche, wenn der Käfig nicht auf Füßen steht,

1) Pflügers Arch. 42. 1888. 425.

bloss der Fussboden vor dem Gitter mit Fleischstücken zu belegen ist, belehrt dann auch, dass die Goltzsche Schlussfolgerung ihre anscheinende Sicherheit nichts anderem als dem Wortlaute verdankt, der bei der Schilderung der Beobachtung gewählt ist. Denn allerdings setzt der Hund „bald die linke, bald, doch seltener, die rechte Vorderpfote“ in Bewegung; aber entweder streckt er bloss das linke Vorderbein aus dem Käfig und bewegt es hin und her, oder er streckt unmittelbar nach einander beide Vorderbeine vor und macht mit beiden die Scharrbewegung, die wir oben S. 92 kennen lernten. Selten ist die beiderseitige Scharrbewegung von vorneherein zu sehen; meist folgt sie nach einer kurzen Pause, nachdem das linke Vorderbein allein eine Zeitlang sich bemühte, und regelmässig desto eher, je weniger erfolgreich die letztere Bemühung war: nie aber bewegt der Hund das rechte Vorderbein für sich allein, wie das linke Vorderbein. Von Einzelhandlungen des rechten Vorderbeines kann also wiederum nicht die Rede sein, sondern nur von willkürlichen Bewegungen oder Handlungen, welche dasselbe in Gemeinschaft mit dem linken Vorderbeine vollführt. Und diesmal gehören die Gemeinschaftsbewegungen des rechten Vorderbeines zu den Prinzipalbewegungen; denn dass die beiderseitige Scharrbewegung eine Prinzipalbewegung des Hundes ist, steht dadurch ausser Zweifel, dass sie, wie wir schon wissen, auch nach der beiderseitigen Total-exstirpation der Extremitätenregionen fortbesteht.

Die Frage liegt nahe, weshalb im vorliegenden Falle, wenn der Hund das Fleisch vor dem Gitter mit dem linken Vorderbeine nicht zu erreichen oder auch nur nicht rasch genug für seine Gier einzubringen vermag, nicht ebenso sekundäre Bewegungen des rechten Vorderbeines hinzukommen, wie in dem vorher betrachteten Falle, da es dem linken Vorderbeine allein nicht gelang, das Fleischstück oder den Knochen passend zu halten. Dem Zufall lässt sich dabei keine Rolle zuweisen; denn ich habe die sekundären Bewegungen hier nie gesehen, auch nicht bei den zahlreichen Prüfungen, die ich so vornahm, dass ich vor dem in voller Freiheit befindlichen Hunde Fleischstücke in passender Entfernung unter einen Schrank mit sehr niedrigen Füßen legte (s. oben S. 93). Sondern der Grund ist darin zu finden, dass die beiderseitige Scharrbewegung gerade so, wie die isolierten Bewegungen des linken Vorderbeines, zu den natürlichen willkürlichen Bewegungen des Hundes gehört, d. h. zu den Bewegungen, welche das Grosshirn anzuregen gewohnt ist, die sekundären Bewegungen des rechten Vorderbeines hingegen unnatürliche, nur durch die Verstümmelung erzwungene willkürliche Bewegungen sind, Bewegungen, welche das Grosshirn erst nach dem Untergange der linken Extremitätenregionen anzuregen anfängt: daher dem Hunde jene Scharrbewegung eher und mehr zu Gebote steht,

als diese sekundären Bewegungen. Wirklich bleiben die sekundären Bewegungen nicht aus, wenn man die natürlichen Bewegungen hindert. Hält man, wenn der Hund eben das linke Vorderbein unter den Schrank schieben oder die beiderseitige Scharrbewegung beginnen will, das linke Vorderbein mit der Hand fest, so sieht man, während man unter der hemmenden Hand das Arbeiten der Muskeln fühlt, das rechte Vorderbein hin und wieder, ähnlich wie bei der beiderseitigen Scharrbewegung, rasch und oft vor- und rückwärts geschoben werden, meist aber unregelmässig und langsam, manchmal auf dem Fussboden verbleibend, manchmal abgehoben, nach vorn, nach hinten, nach den Seiten geführt werden. Man kann die ersteren Bewegungen noch für den Ausdruck der durch die Umstände modifizierten beiderseitigen Scharrbewegung nehmen: in den letzteren Bewegungen, die von dem Charakteristischen der Prinzipalbewegung, welche wir die beiderseitige Scharrbewegung nannten, gar nichts zeigen, stellen sich unverkennbar sekundäre Bewegungen des rechten Vorderbeines dar.

Das richtige Verständniss ist damit zugleich gesichert für den Grabeversuch, den Hr. Goltz folgendermassen beschreibt: „Legt man Stücke Pferdefleisch auf den Boden einer grossen Schale und füllt man darüber Kies, so wird ein Hund, dem man die Schale vorsetzt, alsbald das Fleisch wittern, mit den Vorderpfoten herausgraben und verzehren. Macht man diesen Versuch mit einem Hunde, dem die linke sogenannte motorische Zone fehlt, so sieht man, dass das Tier ausschliesslich mit der linken Vorderpfote das Fleisch herausgräbt, während es auf den drei übrigen Pfoten steht. Ich hielt nun einem solchen Hunde, der bis dahin nur die linke Pfote zum Graben benutzt hatte, diese fest. Zunächst versuchte er sich frei zu machen. Als ihm dies aber nicht gelang, benutzte er plötzlich die bis dahin vernachlässigte rechte Vorderpfote und scharrte sich mit ihr die begehrten Fleischstücke heraus.“¹⁾ Hr. Goltz hat den Versuch recht oft und mit vieler Betonung als Beweis benutzt, dass der Hund „noch die rechte Vorderpfote als Hand zu einzelnen Handlungen verwerten kann.“ Indes beweist auch dieser Versuch, wie nicht mehr der Ausführung bedarf, nur willkürliche Bewegungen oder Handlungen, nicht aber, worauf es ankommt, Einzelhandlungen des rechten Vorderbeines. Abgesehen davon, dass dieses Vorderbein bei den ersten Prüfungen, bei welchen es tätig wird, überhaupt nicht „gräbt“ und auch später immer ungeschickter und oberflächlicher gräbt als das linke, ist seine Tätigkeit mit Bewegungen des linken Vorderbeines, als ob dieses „sich frei zu machen versuchte“, verknüpft und offenbart sich so als sekundäre Bewegung gegenüber der isolierten Bewegung des linken

1) Pflügers Arch. 42. 1888. 438.

Vorderbeines, da bei dessen Graben die Muskulatur des rechten Vorderbeines in Ruhe verharret. In dieser Verschiedenartigkeit der Bewegungen ist zugleich die Erklärung für das enthalten, was Hr. Goltz dahin ausdrückt, dass der Hund, „hat er die freie Auswahl, die Pfote verwendet, deren Bewegung ihm die bequemste ist,“ und „nur im Notfall sich herbeilässt, eine Anstrengung aufzuwenden.“

Wie zu erwarten, gelingt es auch beim Affen, der die linken Extremitätenregionen verloren hat, durch Hinderung der natürlichen Bewegungen, sekundäre Bewegungen des rechten Armes unter Umständen herbeizuführen, unter welchen solche Bewegungen sonst ausbleiben. Legt man vor dem ruhig sitzenden Affen Apfelstücke so auf den Boden, dass sie bequem seinen Händen zugänglich sind, so nimmt sie der Affe immer mit der linken Hand auf und führt sie zum Munde, während der rechte Arm in Ruhe bleibt. Hält man nun den linken Arm fest und zwar so, dass der Affe auch sitzen bleiben muss, so geraten zunächst lediglich die Muskeln dieses Armes in Tätigkeit, dann aber bewegt sich auch der rechte Arm, geht ungeschickt, in Absätzen und wie stossweise, zugleich bald nach rechts, bald nach links abweichend, unter fortschreitender Streckung der unteren Glieder gegen das Apfelstück hin vor und kann, zumal wenn man den Versuch öfters wiederholt, sogar das Apfelstück erreichen. Jedoch wird dieses höchstens mit der flachen rechten Hand bedeckt und etwas hin und her geschoben, nie aber von den Fingern umfasst und emporgehoben.

Die Besserung der sekundären Bewegungen, deren eben, wie schon mehrmals, beiläufig Erwähnung geschah, müssen wir noch etwas näher betrachten. Die anfängliche Herabsetzung, welche die Erregbarkeit der Rückenmarkszentren der rechten Vorderextremität durch die Total-exstirpation der linken Extremitätenregionen erfährt, das spätere Wachsen derselben Erregbarkeit infolge der Isolierungsveränderungen, endlich der Umstand, dass die genannten Rückenmarkszentren durch die entsprechenden linksseitigen Rückenmarkszentren in Erregung gesetzt werden, machen es ohne weiteres verständlich¹⁾, was sich überall gleichmässig ergibt: dass zunächst nach dem operativen Eingriff nichts von den sekundären Bewegungen der rechten Vorderextremität zu bemerken ist und mit der Zeit diese Bewegungen häufiger und in immer besserer Ausführung auftreten, bis sie schliesslich für die Dauer ebenso unvollkommen bleiben, wie die Gemeinschaftsbewegungen der rechten Vorderextremität bei den Prinzipalbewegungen. Aber wenn man die sekundären Bewegungen bei den letztbesprochenen Versuchen am Hunde und am Affen viel und aufmerksam verfolgt, macht man noch bemerkenswerte

1) Vergl. oben 75.

weitere Erfahrungen. Auch dann, wenn man erst 2—3 Monate nach der Operation, also nach dem Ablaufe der Isolierungsveränderungen die sekundären Bewegungen der rechten Vorderextremität herbeizuführen beginnt, sieht man sie bei den Wiederholungen des Versuches leichter eintreten, als zuerst, und bis zu einer gewissen Grenze umfangreicher und geschickter werden; und man findet zweitens bei der oftmaligen Ausführung desselben Versuches, gleichviel ob sie zu einer früheren oder zu einer späteren Zeit nach der Operation statthat, dass, während die Bewegungen der rechten Vorderextremität wachsen, die gleichzeitigen Bewegungen der linken Vorderextremität schwächer werden. Man kann die erstere Erfahrung darauf zurückführen, dass die Erregung auf dem ungewohnten Wege von den rechten Extremitätenregionen zu den Rückenmarkszentren der rechten Vorderextremität desto weniger Widerstand findet, je öfter sie den Weg durchläuft; und es wird der Gegenstand weiterer Erwägungen sein müssen, ob nicht überhaupt hier und bei den Isolierungsveränderungen im Grunde derselbe Vorgang seine Rolle spielt. Die letztere Erfahrung lässt sich dann zu einem Teile gleichfalls durch die Verbesserung der Leitung erklären, soweit nämlich, als noch kräftigere Bewegungen der linken mit schwächeren Bewegungen der rechten Vorderextremität verknüpft sind. Sobald aber die linksseitigen Bewegungen nicht mehr deutlich überwiegen, kann die Erklärung nicht befriedigen, da nie zu dem unbehinderten Graben oder Greifen der linken Vorderextremität sekundäre Bewegungen der rechten Vorderextremität hinzutreten, wie es doch geschehen müsste, wenn der Uebergang der Erregung von den Rückenmarkszentren der einen auf die der anderen Vorderextremität so sehr erleichtert wäre, dass er kaum noch in Betracht käme. Vollends erweist sich die Erklärung unzureichend, wenn sogar die Bewegungen der rechten Vorderextremität die stärkeren sind. Es wird deshalb für die letzteren Fälle noch anzunehmen sein, dass die rechten Extremitätenregionen in der Masse, wie sie an Herrschaft über die rechte Vorderextremität gewinnen, bei der Herbeiführung der Bewegungen dieser Extremität zugleich die überflüssigen gleichzeitigen Bewegungen der linken Vorderextremität mehr und mehr unterdrücken, indem sie neben denjenigen Rückenmarkszentren der linken Extremität, durch welche die Erregung der Rückenmarkszentren der rechten Extremität vermittelt wird, auch die antagonistischen Rückenmarkszentren der linken Extremität in Erregung setzen. Für die Richtigkeit der Annahme spricht auch sehr, dass die Bewegungen der festgehaltenen linken Vorderextremität beim Greifversuche am Affen, wo sie bloss nutzlos sind, nicht so viel abnehmen wie beim Grabeversuche am Hunde, wo sie geradezu schädlich sind, indem sie das feste Aufstehen des Vorderbeines verhindern: dort sind schliesslich immer noch schwache Bewegungen des Armes zu

beobachten; hier kann es dahin kommen, dass selbst ein Spielen der Muskeln nicht mehr am Vorderbeine sicht- oder fühlbar ist und nur noch die Möglichkeit tonischer Kontraktionen der Muskeln besteht. Der Nachweis solcher Kontraktionen, wie er für die Erhärtung der Annahme erforderlich wäre, ist mir jedoch nicht ausreichend gelungen; denn ich habe allerdings manchmal mich von der erhöhten Spannung der Muskeln überzeugen zu können geglaubt, anderemal aber wieder dieselbe nicht zu fühlen vermocht.

Unsere Musterung fortsetzend, kommen wir zum Pfotegeben des Hundes. War der Hund abgerichtet, beide Vorderpfoten auf Befehl zu reichen, so verliert er diese Fähigkeit für immer nach tiefer doppelseitiger Zerstörung des Vorderhirns oder der motorischen Zone; nach einseitiger solcher Zerstörung verliert er die Fähigkeit nur für die gegenseitige Vorderpfote, kann sie aber später auch für diese Pfote wieder zeigen. So würden bündig die tatsächlichen Ermittlungen von Hrn. Goltz lauten¹⁾; und ebendieselben Folgen ergeben sich, wenn man die Extremitätenregionen beiderseitig bzw. einseitig total exstirpiert. Von neuem also finden wir nach dem Verluste der einen Extremitätenregionen eine willkürliche Bewegung oder Handlung des gegenseitigen Vorderbeines durch die erhaltenen Extremitätenregionen derselben Seite herbeigeführt. Aber wiederum ist es nicht eine Einzelhandlung, ist es nicht eine isolierte, sondern eine sekundäre Bewegung des Vorderbeines, wie klar hervortritt, wenn man das Pfotegeben in seinem Werden verfolgt. Zwar lässt sich zunächst darauf nicht Gewicht legen, dass der Hund nach der Totalexstirpation der linken Extremitätenregionen, wie es Hr. Goltz schon nach seinen ersten Untersuchungen als Folge der Durchspülung einer Hemisphäre beschrieb²⁾, in einer ersten Zeit immer ausschliesslich die linke Pfote gibt, auch dann, wenn man die rechte verlangt, und später, zunächst seltener und zögernder, schliesslich aber ebenso prompt die rechte Pfote darreicht; denn dafür könnten, woher auch immer die Erregung zu den Rückenmarkszentren des rechten Vorderbeines gelangte, die anfängliche Herabsetzung der Erregbarkeit dieser Rückenmarkszentren und ihr späteres Wachsen infolge der Isolierungsveränderungen für sich allein die ausreichende Erklärung bieten. Aber man sieht, wenn der Hund anfängt, die rechte Pfote zu geben, regelmässig das linke Vorderbein gehoben und gesenkt oder auch nach vorn gesetzt werden, ehe das rechte Vorderbein in die Höhe geht; man sieht in der Folge das linke Vorderbein, wenn auch nicht mehr

1) Ueber den mehrfachen Wechsel in den Erfahrungen und Auffassungen von Goltz bezüglich des Pfotegebens vergl. Pflügers Arch. 13. 31—5; 14. 424, 436—7; 20. 25; 26. 38; 34. 461, 483; 42. 424, 425, 462—3.

2) Pflügers Arch. 13. 1876. 31—3.

abgehoben, so doch kräftig bewegt werden; man fühlt weiterhin die Streckung des linken Vorderbeines jedesmal, dass der Hund die rechte Pfote in Bewegung setzt; und erst wenn der Hund schon vielmals die rechte Pfote gereicht hat, kommt es öfters vor, dass die Mitbeteiligung des linken Vorderbeines selbst nicht durch die erhöhte Spannung seiner Muskulatur sicher nachzuweisen ist. Man macht ferner die eben geschilderten Erfahrungen in gleicher Weise, ob man schon in den ersten Wochen nach der Operation das Pfotegeben prüft oder erst im 3. oder 4. Monate, wenn die Isolierungsveränderungen längst ihr Ende erreicht haben, mit den bis dahin gänzlich vermiedenen Prüfungen beginnt. Und auch bei den letzteren, so späten Prüfungen stösst man auf eine mit den Wiederholungen zunehmende Vervollkommnung des Pfotegebens, nur dass dieselbe rascher als bei den frühen Prüfungen abläuft: eine Vervollkommnung nicht bloss in der Richtung, dass die rechte Pfote regelmässiger und rascher der Aufforderung folgt, sondern auch dahin, dass Ober- und Vorderarm mehr gehoben und der anfangs schlaff herabhängende Fuss später so gestreckt wird, dass er die gerade Fortsetzung des Vorderarmes bildet. So stimmt das rechtsseitige Pfotegeben in Entstehung und Ausbildung mit den vorbetrachteten sekundären Bewegungen des rechten Vorderbeines überein und schliesst sich am engsten dem Graben desselben an, indem auch bei ihm und offenbar aus demselben Grunde die Mitbeteiligung des linken Vorderbeines schliesslich am wenigsten merklich ist. Nur darin weicht das Pfotegeben von den anderen sekundären Bewegungen ab, dass nicht eine Unvollkommenheit der Bewegung für die Dauer verbleibt: und das versteht sich ohne weiteres aus der so grossen Einfachheit der Bewegung, bei welcher auch an die Zehen gar keine Ansprüche gestellt sind.

Bei der Prüfung des Pfotegebens tritt am auffälligsten entgegen, was für alle sekundären Bewegungen gilt, dass diese Bewegungen bei den einen Tieren leichter sich einstellen, bei den anderen schwerer und bei einigen sogar überhaupt nicht zu erzielen sind. Worauf diese Verschiedenheiten beruhen, wird bei weiter fortgeschrittener Untersuchung Aufklärung finden. Hier sei nur bemerkt, dass dafür im Falle des Pfotegebens die bessere oder schlechtere Abrichtung der Hunde keine den Ausschlag gebende Bedeutung hat; denn ich habe bei Hunden, welche sehr gut abgerichtet waren, das sekundäre Pfotegeben ausbleiben und wiederum andere Hunde, welche gar nicht abgerichtet waren, welche vor der Totalexstirpation der linken Extremitätenregionen und eine Zeitlang nachher nie eine Pfote gaben, später doch zuerst die linke und dann, wie beschrieben, die rechte Pfote reichen sehen. Auch sei darauf aufmerksam gemacht, dass man, um das sekundäre Pfotegeben in seinen ersten Stadien schön beobachten zu können, die operierten Hunde nicht

viel anderweitigen Prüfungen unterwerfen und insbesondere nicht sich öfters an Tischen, Stühlen usw. aufstellen lassen darf; die Tiere müssen möglichst ungestört in geräumigen hellen Käfigen gehalten werden, die an der Stirnwand, nicht an der Decke die Gitterstäbe tragen.

Hr. Goltz hat ferner noch das Erheben des geschädigten Hinterbeines beim Harnen männlicher Hunde als eine „zweckmässige, offenbar willkürliche Einzelhandlung“ dieses Hinterbeines herangezogen. Soviel ich sehe, betreffen Hrn. Goltz' Beobachtungen zwei Hunde, bei welchen die Rinde der linken Hemisphäre so gut wie vollständig entfernt war: die Hunde erhoben zum Harnen in der ersten Zeit nach dem Eingriff das linke Hinterbein, nach einigen Wochen aber auch das rechte Hinterbein¹⁾. Natürlich ist die Gültigkeit dieser Erfahrungen unbedingt auch für den Fall der Totalexstirpation der linken Extremitätenregionen anzuerkennen, obschon bei meinen so zahlreichen Versuchen nie derartige Beobachtungen sich haben machen lassen. Aber wer jenes Harnen der Hunde kennt, wird auf der anderen Seite nie zugeben, dass dabei das Erheben des Hinterbeines eine Einzelhandlung desselben ist. Ich denke selbstverständlich nicht an diejenige Muskeltätigkeit, welche für die Erhaltung des Gleichgewichtes des Hundes erforderlich ist, wenn das Hinterbein sich hebt: alle solche unwillkürliche Muskeltätigkeit hat hier, wie schon immer vorher bei den behandelten Bewegungen, ausser Acht zu bleiben. Sondern die Erhebung des einen Hinterbeines zum Harnen ist stets mit der Streckung des anderen Hinterbeines und der Drehung des hinteren Rumpfteiles nach der Seite des letzteren Beines hin verbunden; daher kommt es ja auch nur, dass der Hund, wie Hr. Goltz sagt, die Keule hoch emporhebt, das Hinterbein gegen einen Eckstein erhebt, gegen die Wand harnt, Wiederum also ist, was nach der Verstümmelung noch sich findet, nicht eine isolierte, sondern eine Gemeinschaftsbewegung des geschädigten Hinterbeines. Sie würde sich als zu einer Prinzipalbewegung gehörig herausstellen, wenn einmal ein Hund sich finden sollte, der auch nach der beiderseitigen Totalexstirpation der Extremitätenregionen die eigenartige Stellung zum Harnen einnähme. Wahrscheinlicher ist es, dass sie eine sekundäre Bewegung ist, dadurch herbeigeführt, dass die Rückenmarkszentren des geschädigten Hinterbeines von den Rückenmarkszentren des anderen Hinterbeines oder den benachbarten Rückenmarkszentren des Rumpfes in Erregung gesetzt werden.

Um alles zu erschöpfen, bleibt schliesslich zu erwähnen, dass ich zwei Hunde lange Zeit nach der Totalexstirpation der linken Extremitätenregionen das rechte Vorderbein während einiger Tage habe andauernd hoch halten sehen, solange sie standen. Beim Gehen hinkten sie, indem

1) Pflügers Arch. 42. 1888. 426, 431.

sie das Bein zwar senkten, aber entweder gar nicht oder nur sehr lose und ungeschickt auf den Boden setzten. In beiden Fällen erwiesen sich die Zehen des Beines verletzt; und als die Zehen wieder heil waren, hatte auch das ungewöhnliche Verhalten des Vorderbeines sein Ende erreicht. Ganz die nämlichen Beobachtungen habe ich an einem Hunde, welchem die Extremitätenregionen beiderseits exstirpiert waren, gleichfalls ein Vorderbein betreffend gemacht. Demnach ist die abnorme Haltung des Beines unabhängig von den Extremitätenregionen und, weil keine andere Partie der Grosshirnrinde von Einfluss auf die Bewegungen einer Extremität sich erweist, unabhängig von der Grosshirnrinde überhaupt. Im Einklang damit steht, dass Hr. Goltz einen Hund, an welchem das ganze Grosshirn entfernt war, als derselbe sich eine Hinterpfote verletzt hatte, bis zur Ausheilung der Wunde, welche eine Anzahl von Tagen erforderte, „unter freiwilliger dauernder Hebung des wunden Beines“ auf den drei gesunden Beinen hat herumhinken sehen¹⁾. Ich habe aber auch wiederholt an Hunden, welchen das Rückenmark am letzten Brustwirbel quer durchschnitten war, wenn ein Hinterbein am Fussrücken wund geworden war, eine stetige Beugung der oberen Glieder dieses Beines gefunden, welche sofort auffiel, wenn am emporgehaltenen Hunde die Hinterbeine herabhingen, aber auch gut sichtbar war, wenn der Hund beim Gehen die Hinterbeine nachschleppte. Und nichts ist leichter, als an solchen Hunden mit quer durchschnittenem Rückenmark, sobald sie einige Zeit nach der Operation sich in guter Verfassung befinden, durch fortgesetztes mässiges Quetschen der Zehen eines Hinterbeines die Beugung der oberen Glieder dieses Beines für lange Zeit zu erhalten. Die isolierte Bewegung des Beines, um welche es sich handelt, ist also ein Rückenmarksreflex, eine gemeine Reflexbewegung oder, schärfer ausgedrückt, reflektorische tonische Bewegung infolge der dauernden peripherischen Reizung, welche die Wunde mit sich bringt.

Das Ergebnis unserer Musterung ist nach alledem, dass beim Hunde ebenso, wie beim Affen, nach der Totalexstirpation der Extremitätenregionen alle isolierten Bewegungen der gegenseitigen Extremitäten, welche nicht Gemeinreflexe oder Rückenmarksreflexe sind, für die Folge durchaus fehlen. Daneben haben wir beim Hunde die sekundären Bewegungen wiedergefunden, die erst nach dem Untergange der Extremitätenregionen auftretenden Gemeinschaftsbewegungen der gegenseitigen Extremitäten, wie wir sie beim Affen kennen lernten. Nehmen wir dazu, was sich vorher für die Gemeinschaftsbewegungen, welche Prinzipalbewegungen zugehören, herausgestellt hat, so besteht bezüglich der Be-

1) Pflügers Arch. 51. 1892. 575.

deutung der Extremitätenregionen für die Bewegungen der Extremitäten beim Hunde und beim Affen volle Uebereinstimmung. Der Uebersicht über die Beziehungen der Extremitätenregionen zu den gegenseitigen Extremitäten, welche der Schluss des 6. Kapitels gab¹⁾, ist nach unseren neueren Erfahrungen nur noch hinzuzufügen, dass die sekundären Bewegungen auch in Unabhängigkeit von den Isolierungsveränderungen lediglich durch ihre Wiederholung sich vervollkommen und, während sie wachsen, die primären Bewegungen, mit welchen sie verbunden sind, schwächer werden können.

1) S. oben 76—7.

VI.

Ueber die Fühlphären der Grosshirnrinde.

Fünfte Mitteilung.

(Sitzungsberichte der Berliner Akademie der Wissenschaften 1896. 1131—59.)

9.

Auf grund aller der vereinzelt Einblicke, welche die vorgeführten speziellen Untersuchungen in die Leistungen der Scheitellappen-Rinde gewährt haben, wollen wir jetzt an eine zusammenfassende Betrachtung dieser Leistungen gehen, um den bisherigen Erwerb richtig zu ermessen und nach Bedürfnis zu vervollkommen. Von unserem anfänglichen Plane, nach den Extremitätenregionen ebenso genau auch die anderen Regionen der Scheitellappen-Rinde zu verfolgen, sehen wir ab; denn es hat sich mittlerweile herausgestellt, dass damit die Untersuchungen nicht nur ins ungebührliche wachsen, sondern auch weit über die Vertiefung hinausgehen würden, welcher zur Zeit bei der sonstigen Kenntnis der Grosshirnrinde das Interesse entgegenkommt. Wie unter Beachtung der Bewegungsstörungen, so lässt sich auch, indem man den Empfindungsstörungen nachgeht, das Ergebnis unserer ersten orientierenden Versuche gewinnen, die Zugehörigkeit der verschiedenen Körperteile zu den verschiedenen Regionen der Scheitellappen-Rinde. Daraufhin werden wir es fortan als durch die groben Prüfungen ausreichend festgestellt ansehen, dass die verschiedenen Regionen der Scheitellappen-Rinde im Prinzip funktionell gleichwertig sind, und den strengen Nachweis, dass unsere Erfahrungen an den Extremitätenregionen, abgesehen von den betroffenen Körperteilen, für alle Regionen gültig sind, späteren Untersuchern überlassen.

Die Behauptung, dass Zerstörungen der Rinde im Bereiche des Scheitellappens rein motorische Störungen ohne Beeinträchtigung der Empfindung zur Folge haben, hat sich als unrichtig erwiesen, und es hat sich auch übersehen lassen, wodurch der Irrtum bei Hrn. Ferrier

und denen die ihm folgten, entstand¹⁾. Schiff war im Rechte, indem er Sensibilitätsstörungen, taktile Anaesthesien, folgen liess. Durch jene Zerstörungen wird der Gefühlssinn der Haut beeinträchtigt: die Berührungs- oder Druckempfindung fehlt an Bezirken der gegenseitigen Körperhälfte, und ebenso geschädigt ist nach den neueren Erfahrungen von Hrn. Dessoir²⁾ die Temperaturempfindung. Die Scheitellappen-Rinde stellt sich damit als die Fühlphäre der Grosshirnrinde dar gegenüber der Sehsphäre in der Hinterhauptslappen-Rinde und der Hörsphäre in der Schläfenlappen-Rinde.

Die Zugehörigkeit der verschiedenen Körperteile zu verschiedenen Regionen der Scheitellappen-Rinde zeigt dann sogleich engere örtliche Beziehungen zwischen der peripherischen Sinnesfläche und der zentralen Sinnessphäre, wie wir sie für den Gesichtssinn kennen gelernt haben, auch für den zweiten räumlichen Sinn, den Gefühlssinn, an. Durch die Totalexstirpation der Extremitätenregionen sehen wir die Berührungs- oder Druckempfindung an den gegenseitigen Extremitäten verloren gehen, während sie überall sonst unverändert fortbesteht, als ganz normal insbesondere an der gegenseitigen Kopfhälfte nachweisbar ist, die mindestens ebenso scharfe Prüfungen, wie die Extremitäten, zulässt. Umgekehrt finden wir, wenn wir beim Hunde oder Affen die eine, sagen wir die linke Kopfregion exstirpieren, die rechten Extremitäten in keiner Weise geschädigt, die rechte Kopfhälfte dagegen der Empfindlichkeit für Berührung oder Druck beraubt. Mithin müssen die sensiblen Nervenbahnen, deren Erregung die Berührungsempfindung zur Folge hat, soweit sie in der Haut desselben Körperteiles bei einander ihren Ursprung haben, in derselben Region der Scheitellappen-Rinde bei einander ihr Ende finden. Auch bezüglich derjenigen Regionen, welche die Extremitätenregionen zusammensetzen, hat das Geltung. Denn wir können uns beim Affen, wenn wir bloss die Armregion oder bloss die Beinregion total exstirpieren, sicher davon überzeugen, dass im ersteren Falle ausschliesslich am Arme, im letzteren Falle ausschliesslich am Beine, wie die Störung der Bewegungen, auch die Störung der Empfindlichkeit für Berührung oder Druck besteht. Beim Hunde ist allerdings dasselbe nicht zu konstatieren. Hier gibt wegen der Zerstörung, welche beim Angriff der Hinterbeinregion die schwer stillbare mächtige Blutung anrichtet, nur die Totalexstirpation der Vorderbeinregion einen brauchbaren Versuch; und dann

1) Ich halte es nicht für nötig, hierbei länger zu verweilen, da endlich der hartnäckige Widerstand in England mehr und mehr abnimmt. Vergl. insbesondere: F. W. Mott, The sensory motor functions of the central convolutions of the cerebral cortex. Journ. of Physiol. 15. 464f. — G. Marinesco, La théorie des localisations en Angleterre. Semaine médicale 1896. No. 25 p. 199.

2) Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1893. 525 ff.

zeigt sich in der Regel, wie es Hr. Goltz einmal gegen mich geltend gemacht hat¹⁾, das Hinterbein mit geschädigt, indem mindestens die Berührungsempfindlichkeit der Zehen leicht abgestumpft ist. Aber offenbar liegt da nur eine scheinbare Ausnahme vor; denn wie ich im Eingange der Mitteilungen ausführte²⁾, wird beim Hunde durch die Totalexstirpation der Vorderbeinregion die Hinterbeinregion infolge der gestörten Blutzirkulation immer wesentlich in Mitleidenschaft gezogen, ganz zu schweigen davon, dass nicht einmal die Grenze zwischen Vorder- und Hinterbeinregion an ihrem hinteren Ende mit der nötigen Genauigkeit uns bekannt geworden ist.

Weitere partielle Exstirpationen der Extremitätenregionen decken noch engere Beziehungen zwischen Haut und Fühlsphäre auf. Exstirpiert man beim Affen die mediale, der Falx zugewandte Partie der Extremitätenregionen und einen schmalen anstossenden Streifen von der an der Konvexität gelegenen Partie, so findet man die Berührungsempfindlichkeit an den oberen Gliedern von Arm und Bein der Gegenseite aufgehoben, an den unteren Gliedern unversehrt³⁾. Nimmt man den Streifen an der Konvexität breiter, so zeigt sich die Berührungsempfindlichkeit nur am Arme und lediglich an Hand und Fingern erhalten. Umgekehrt sieht man, wenn man bloss diejenigen Partien der Extremitätenregionen entfernt, welche in jenen beiden Fällen stehen geblieben waren, die Berührungsempfindlichkeit dort erhalten, wo sie vorhin verloren, und dort verloren, wo sie vorhin erhalten war. Trägt man beim Hunde das eine Mal die vordere, das andere Mal die hintere Hälfte der Vorderbeinregion ab, so ist im ersteren Falle die Berührungsempfindlichkeit von Zehen und Fuss am gegenseitigen Vorderbeine unversehrt, während dieselbe im letzteren Falle fehlt. Auch wenn man die ganze Vorderbeinregion bis auf einen 4—5 mm langen Rest an der hinteren Grenze entfernt, kann, entsprechend der früher⁴⁾ erwähnten Erfahrung von Hrn. Bechterew, die Berührungsempfindlichkeit des gegenseitigen Vorderfusses ungestört erscheinen; dagegen ist dieselbe auffällig herabgesetzt und kann sogar nicht nachweisbar sein, wenn man bloss jenes hintere Endstück der Vorderbeinregion exstirpiert. Hat man bei der Totalexstirpation der Extremitätenregionen die Rinde des Sulcus coronalis hinten nicht überall gut unter-

1) Pflügers Arch. 20. 1879. 31.

2) S. oben 17.

3) Zuweilen wird hier sogar in Fällen schlechter Verheilung der Wunde die Empfindlichkeit während einer ersten Zeit erhöht gefunden. Solche Rindenhyperästhesie ist, wie ich schon bei Gelegenheit meiner ältesten Versuche bemerkte, auf entzündliche Vorgänge in der Umgebung der Exstirpationsstelle zurückzuführen (vergl. Grosshirnrinde 49).

4) S. oben 21.

schnitten, so beobachtet man — bei sonstigem Fehlen jeder Spur von Berührungsempfindlichkeit an den gegenseitigen Extremitäten —, dass, wenn man an einer gewissen Stelle der Vorderzehen leise über die Haare hin fährt, Beugung oder Streckung dieser Zehen, hin und wieder eine schwache Bewegung des Fusses eintritt. Die ausgezeichnete Stelle kann sehr verschieden gelegen sein, das eine Mal auf der Dorsal-, das andere Mal auf der Volarseite, mehr am medialen oder mehr am lateralen Rande, ist aber immer sehr beschränkt; und daher, dass man die Stelle nicht immer gleich gut trifft, mag es rühren, dass zuweilen der Erfolg ausbleibt, auch wenn man nicht in kurzen Zwischenräumen die Reizung wiederholt, was diese regelmässig wirkungslos macht. Durch kräftigeres Streichen der Haare und überhaupt durch stärkere Reizung lässt sich der Berührungsreflex nicht steigern, so dass auch die oberen Glieder der Extremität in die Bewegung einträten; sondern man erhält nur bei ansehnlichem Drucke, wie von allen anderen Stellen des Fusses aus, den Gemeinreflex. Einigemal habe ich dieselben Beobachtungen, statt am Vorderfusse, am Hinterfusse gemacht; wie es schien, war hier die Totalexstirpation der Extremitätenregionen dadurch unvollkommen, dass am lateralen hinteren Endstück der Hinterbeinregion unter dem Konvolute grosser Venen ein kleiner Rest stehen geblieben war.

Aus diesen Erfahrungen ist zu entnehmen, dass nicht bloss zwischen den Regionen einerseits und den zugehörigen Körperteilen andererseits, sondern auch innerhalb jeder Region und jedes zugehörigen Körperteiles zwischen den kleineren Abschnitten von Fühlsphäre und Haut feste Verbindungen durch die sensiblen Nervenbahnen, deren Erregung die Berührungsempfindung zur Folge hat, bestehen, und dass diese Nervenbahnen, wie sie in der Haut eines Körperteiles neben und nach einander ihren Ursprung nehmen, ebenso regelmässig neben und nach einander in zentralen Elementen der zugehörigen Region ihr Ende finden. Man kann schlechthin sagen, dass, wie die Retinae auf die Sehsphären, so die Haut auf die Fühlsphären projiziert ist. Und damit ist das anatomische Substrat für die Lokalzeichen, wie dort der Lichtempfindungen, so hier der Berührungsempfindungen gegeben, indem dieselben dadurch erklärlich werden, dass gesetzmässig mit den gereizten Hautstellen die zentralen Elemente wechseln, durch deren Erregung es zur Berührungsempfindung kommt. Unentschieden bleibt dabei, was wir auch für den Gesichtssinn dahingestellt sein lassen mussten, ob von jedem einzelnen Abschnitte der peripherischen Sinnesfläche, für dessen Reizung es ein eigenes Lokalzeichen gibt, eine Nervenfaser isoliert zum korrespondierenden zentralen Elemente der Sinnessphäre verläuft, oder ob, sei es an oder hinter jenen peripherischen Abschnitten, sei es an oder vor diesen zentralen Elementen netzförmige Anastomosen bestehen zwischen den Nervenfasern, welche

in der entsprechenden regelmässigen Anordnung die Verbindungen zwischen der Haut und den zentralen Elementen herstellen.

Ich habe beim Gesichtssinn für die letztere Möglichkeit einmal geltend gemacht¹⁾, was sich beim Hunde ergeben hatte, dass die verschiedenen Abschnitte der Retina ungleichartig auf die Sehsphäre projiziert erscheinen und jedenfalls die Retinastelle des direkten Sehens einen verhältnismässig sehr grossen Teil der Sehsphäre für sich in Anspruch nimmt²⁾. Auf entsprechende Erfahrungen bin ich beim Gefühlssinn geführt worden. Will man nach partieller Exstirpation der Armregion Finger und Hand unempfindlich gegen Berührung finden, so muss man beim Affen von der Armregion fast die ganze laterale Partie abtragen, in welcher die Region in der Richtung von vorn nach hinten verbreitert ist, d. i. etwa die Hälfte der Armregion, und beim Hunde auch fast die hintere Hälfte der Vorderbeinregion exstirpieren. Wiederum also zeigt sich die Haut von Hand und Fingern in der Projektion bevorzugt, indem ihr ein ungefähr ebenso grosser Teil der Armregion zugeordnet ist, wie der Haut aller übrigen Glieder der Vorderextremität. Aber ich kann mich des Gedankenganges nicht erinnern, durch welchen ich darauf kam, Erfahrungen dieser Art für die netzförmigen Anastomosen sprechen zu lassen, und halte ihn für unrichtig. Will man nicht willkürliche Annahmen machen, so lässt sich nur schliessen, dass an den bevorzugten Stellen der Retina oder der Haut zahlreichere Nervenbahnen, als sonst, von der peripherischen Sinnesfläche zu der zentralen Sinnessphäre ziehen oder, was dasselbe sagen will, kleinere Retina- oder Hautabschnitte mit je einem zentralen Elemente der Seh-, bez. Fühlsphäre in Verbindung gesetzt sind. Der grössere Reichtum an Lokalzeichen oder der feinere Ortssinn, welcher daraus für die Retinastelle des direkten Sehens gegenüber der übrigen Retina, wie für die Haut von Hand und Fingern gegenüber der übrigen Armhaut folgt, entspricht dann auch der Wirklichkeit.

Doch fällt jetzt beim Gefühlssinn auf andere Weise die Entscheidung zu gunsten derselben Möglichkeit. Nach der Totalexstirpation der Extremitätenregionen ist, wie wir beim Hunde und beim Affen sahen, die Berührungsempfindlichkeit der gegenseitigen Extremitäten für die Dauer verloren: Berührung oder leichter Druck bleibt immer ohne Erfolg, es kommt weder zu Berührungsreflexen noch zu Augen- und Kopfbewegungen. Ebenso fehlt, wenn man beim Affen bloss die Arm- oder bloss die Beinregion total exstirpiert oder beim Hunde die Vorderbeinregion allein abträgt, die Berührungsempfindlichkeit des gegenseitigen Armes

1) Grosshirnrinde 79, Anm. 62.

2) Ebenda 89.

oder Beines für die Dauer. Anders jedoch ist es nach den partiellen Exstirpationen der genannten Regionen, welche ich oben S. 110—111 besprach. Nur bei den dort zuletzt aufgeführten unvollkommenen Total-exstirpationen bleibt es für die Folge dabei, dass ausschliesslich von einer bestimmten beschränkten Hautstelle aus ein schwacher Berührungsreflex zu erhalten ist. Sonst treten Veränderungen mit der Zeit ein, überall in demselben Sinne. Sie sind am besten zu verfolgen, wo beim Affen die verbreiterte laterale Partie der Armregion, beim Hunde die hintere Hälfte der Vorderbeinregion exstirpiert ist, und wir wollen uns an diese Fälle heften. Wochenlang nach der Verheilung der Wunde kann man Hand und Finger der Gegenseite berühren oder leicht drücken, wo und wie man will, und man sieht nichts von Augen- und Kopfbewegungen, noch von Berührungsreflexen. Aber früher oder später, jedenfalls im Verlaufe des zweiten Monats nach der Operation fällt es auf, dass das Tier den Kopf nach der Seite der geschädigten Hand wendet, wenn man an die letztere den Stab oder den Finger mit leichtem Drucke anlegt. Zunächst stellen sich die Kopfdrehungen nur selten bei den Prüfungen ein, aber in den folgenden Wochen öfter, und sie kommen dann auch zuweilen vor, wenn Stab oder Finger nicht die Hand, sondern die Finger treffen. Noch später stellen sich die Kopfdrehungen häufig ein, wenn man Hand oder Finger mit dem Stabe berührt oder etwas unsanft mit dem Pinsel über sie hinfährt. Darüber hinaus habe ich es in vielen Monaten nicht gehen sehen, so dass stets ein deutlicher Unterschied zwischen der geschädigten und der ungeschädigten Seite verbleibt, da auf der letzteren Seite regelmässig schon einem leisen Pinselstriche die Kopfdrehung folgt. Von den Berührungsreflexen kommt an Hand und Fingern der geschädigten Extremität in der ganzen Zeit keine Spur zum Vorschein. Aber doch ist es durch die Wiederkehr des Hinsehens nach der Reizstelle ausser Zweifel, dass hier, wo lediglich ein Teil einer Region zerstört ist, die diesem Teile zugehörige Hautpartie, wenn auch sehr allmählich und unvollkommen, die Berührungsempfindlichkeit wieder gewinnt. Und das lässt sich nicht wohl anders verstehen, als dass für den Bereich der Region und der zugehörigen Hautpartie, sei es noch innerhalb der Haut an oder hinter den Nervenendigungen, sei es irgendwo im Verlaufe der Nervenfasern, welche von der Haut zu der Region ziehen, Anastomosen bestehen, so dass die an der Peripherie entstandene Erregung unter Umständen auch auf Umwegen andere zentrale Elemente der Region, als die korrespondierenden, erreichen kann.

Unter dem unmittelbaren Eindrucke der Beobachtungen habe ich noch manche genauere Ermittlungen für möglich gehalten, schliesslich aber doch immer bei der öfteren Wiederholung der Versuche die Prüfungsergebnisse zu unbeständig gefunden. Ebenso sind alle meine

neuerlichen Bemühungen, durch partielle Sehsphären-Exstirpationen für den Gesichtssinn wenigstens dasselbe, wie für den Gefühlssinn, darzutun, vergeblich gewesen. Ueber das Verhalten der Sinne ist eben durch die Versuche an Tieren nur gewissermassen im groben Auskunft zu gewinnen, und es müssen weiter die Beobachtungen an Menschen zu Hülfe kommen. Beurteile ich die vorliegenden pathologischen Erfahrungen richtig, so wird der verfeinerten Untersuchung der Hemianopsie, welche durch Erkrankung des Hinterhauptslappens herbeigeführt ist, der Nachweis gelingen, dass es von derjenigen Partie der blindgewordenen Retinahälfte aus, welche der sehend gebliebenen Retinahälfte zunächst gelegen ist, mit der Zeit wieder zur Lichtempfindung kommt¹⁾. Nach unseren jetzigen anatomischen Kenntnissen gibt es ja auch an den Nervenbahnen, welche von den Nervenendigungen in der Haut zur Fühlsphäre oder von der Stäbchen-Zapfenschicht zur Sehsphäre ziehen, der Stationen genug, an welchen Anastomosen in dem Sinn, wie sie unsere Versuche verlangen, vorhanden sein können, so dass die Erregung auf benachbarte Bahnen überzugehen vermag.

Weshalb die Empfindungsstörungen, die nach grösseren Exstirpationen im Bereiche der Scheitellappen-Rinde deutlich hervortreten, nach kleinen Exstirpationen schwer oder gar nicht bemerklich sind, ist nunmehr aufgeklärt, wie ich es in Aussicht stellte. Je kleiner die Exstirpation, desto kleiner ist auch der geschädigte Hautbezirk; desto grösserer Sorgfalt bedarf es dann, den Hautbezirk herauszufinden, auch wenn man den Körperteil kennt, an welchem man zu suchen hat, und desto leichter versagen die Prüfungsmethoden, die uns zur Zeit am Tiere zu Gebote stehen, den Verlust der Berührungsempfindlichkeit zu erkennen. Dass der letztere Verlust nur vorübergehend ein vollkommener ist und eine gewisse Berührungsempfindlichkeit sich wieder einstellt — wahrscheinlich desto rascher, je kleiner der geschädigte Hautbezirk ist —, kommt als ein die Konstatierung besonders erschwerender Umstand noch hinzu.

10.

Zerstörungen der Rinde im Bereiche des Scheitellappens haben aber auch Störungen in den Bewegungen an der gegenseitigen Körperhälfte zur Folge, Störungen, welche gerade so, wie diejenigen der Berührungs- oder Druckempfindung, je nach den verletzten Regionen der Scheitellappen-Rinde die verschiedenen Körperteile betreffen. Ist eine Region zerstört, so fehlen an dem zugehörigen Körperteile alle isolierten Bewegungen,

1) So ist es nach meiner Meinung zu erklären, wenn bei einer vollkommenen Hemianopsie nach einiger Zeit die Gesichtsfeldgrenze nicht vertikal durch den Fixationspunkt gehend gefunden wird, sondern nach der Seite des Defekts hin übergreifend, und zwar desto weniger übergreifend, je näher der Peripherie.

d. h. alle Bewegungen, welche den Körperteil allein betreffen, mit Ausnahme der gemeinen Reflexbewegungen des Körperteiles; und die Gemeinschaftsbewegungen des Körperteiles, d. h. die Bewegungen, welche derselbe in Verbindung oder in der Reihe mit anderen Körperteilen vollführt, entbehren der normalen Regulierung, so dass sie ungeschickter und unvollkommener sind.

Solchen Ausdruck verlangt nach unseren Untersuchungen, was zur Beobachtung kommt; und es war daher unzutreffend die Angabe von Hrn. Ferrier, welche nach ihm oft Wiederholung fand, dass Lähmungen der willkürlichen Bewegung die Folgen der Zerstörungen seien. Allerdings ist es das Ausbleiben sogenannter willkürlicher Bewegungen, was zunächst in die Augen springt; aber einerseits fehlen auch unwillkürliche Bewegungen, die Berührungsreflexe und die Regulierungen der Gemeinschaftsbewegungen, andererseits bestehen willkürliche Bewegungen fort in den Gemeinschaftsbewegungen, beim Gehen, Laufen, Klettern usw. und bei den sekundären Bewegungen. Hrn. Ferriers Versuche waren sichtlich zu gering an Zahl und durch die öfters auftretenden Kontrakturen zu wenig brauchbar, um den richtigen Sachverhalt erkennen zu lassen. Immerhin hat Hr. Ferrier mit Recht im Widerspruche gegen Schiff verharret, dessen Behauptung, dass nicht für einen einzigen Muskel oder eine einzige Muskelgruppe die zerebrale Bewegung gelähmt, Paralyse oder Parese nirgends vorhanden sei¹⁾, durchaus unrichtig war. Wie

1) Pflügers Arch. 30. 1883. 214, 215, 237, 263 (Moritz Schiff's Gesammelte Beiträge zur Physiologie. Bd. III. Lausanne 1896. 515, 516, 537, —). — Der Text oben war druckfertig, als im Juni d. J. Bd. III von Schiffs „Gesammelten Beiträgen“ mit der neuen Ausgabe der Abhandlung vom Jahre 1883 erschien, und ich habe keinen Anlass gefunden, den Text zu verändern. Ich habe nur in dieser und der nächsten Anmerkung die Anzeige der Stellen hinzugefügt, an welchen man klipp und klar mit dem obigen Wortlaute die Behauptungen und Anschauungen findet, welche Schiff durch seine ganze Abhandlung vom Jahre 1883 hindurch nachdrücklich vertreten hat, und welche diese meine Mitteilungen widerlegt haben. Dass Schiff die S. 260—272 seiner Abhandlung, auf welchen seine Anschauungen noch besonders deutlich in Wort und Bild vorgeführt waren, jetzt hat fortfallen lassen, dazu einige Anmerkungen und insbesondere der „Zusatz II“ vom Jahre 1895 (S. 578—586) lassen jedoch erkennen, dass eine Wandelung in Schiffs Anschauungen sich vollzogen hat. Der „Zusatz“ bringt einige Beobachtungen nach partiellen Exstirpationen der Extremitätenregionen des Affen, Beobachtungen, welche nichts wesentliches bieten und hauptsächlich, wie man sofort erkennt, die von mir sogenannten sekundären Bewegungen illustrieren, und schliesst mit den Worten: „Es muss (beim Menschen, wie) beim Affen ein die Bewegung übertragendes Zentrum, ein bewegendes Zentrum verletzt sein. Und wenn ich es durch meine Operation verletzt habe, so muss es an der operierten Stelle existieren. Man sieht, Bruchstücke von Tatsachen gestatten in einzelnen Fällen weitergehende Schlüsse, als die vollständigen Tatsachen selbst“. Natürlich ist der letzte Satz auch angesichts der neuen Schiffschen Beobachtungen paradox; es ist aber bemerkenswert, dass Schiff hier das „bewegende Zentrum“, das vorher

Schiff bei seinen das Gegenteil dartuenden Beobachtungen zu dieser Behauptung kommen konnte, ist nicht recht zu verstehen. Anscheinend hat Schiff an Paralyse z. B. bei den Extremitäten nicht glauben mögen, da er die Bewegungen dieser Extremitäten beim Gehen, Laufen usw. erhalten fand, und übersehen, dass ohne Paralyse von Muskeln oder Muskelgruppen der Extremitäten doch Paralyse von Bewegungen oder Bewegungsarten an den Extremitäten möglich sind. Und dazu mag gekommen sein, dass Schiff alle Bewegungsstörung als abhängig galt von der Sensibilitätsstörung, in welcher er die einzige direkte Folge der Verletzung sah¹⁾; aber war dem auch so, worüber später wird zu sprechen sein, so konnte es doch nichts an dem Tatsächlichen ändern, dass Paralyse vorhanden waren und, da Rindenverletzungen dieselben herbeigeführt hatten, zerebrale Bewegungen gelähmt waren.

Man hat es hier, wie diese kritische Betrachtung zeigt, mit einer ausserordentlichen Verwicklung der Dinge zu tun, welche unsere an die Spitze gestellten Erfahrungen unmittelbar und für sich allein nicht lösen lassen. Wollen wir die Bedeutung, welche die Scheitellappen-Rinde für die Bewegungen des Tieres besitzt, klar übersehen, so müssen wir weiter ausholen und davon ausgehen, welche Leistungsfähigkeit und welche Leistungen bezüglich der Bewegungen dem Zentralnervensystem ohne die Grosshirnrinde zukommen.

Die motorischen Nervenfasern, welche einen Muskel versorgen, entspringen alle ohne Ausnahme, nahe ihrer Abgangsstelle von dem Hirnstamm oder dem Rückenmark, aus Ganglienzellen, welche das Zentrum des Muskels²⁾ heissen können, und die Muskelzentren aller Muskeln stehen unter einander in leitender Verbindung. Die Erregung, die von der Peripherie her auf sensiblen Bahnen zu einem Muskelzentrum gelangt, kann demgemäss ebensowohl die Tätigkeit eines einzelnen Muskels zur Folge haben, wie, indem sie sich von dem Muskelzentrum auf benachbarte Muskelzentren und so immer weiter fortpflanzt, mehr Muskeln in Tätigkeit setzen. Doch kommen auf die letztere Weise nur selten, bei sehr starker und andauernder peripherischer Reizung oder abnorm hoher zentraler Erregbarkeit, Reflexe zustande in Form von Reflexkrämpfen, welche über die gesamten Muskeln eines oder mehrerer Körperteile oder sogar über alle Körpermuskeln ausgedehnt sind. Gewöhnlich verbreitet sich die Erregung anders in den Muskelzentren. Unter den demselben Körperteile

immer in grösserer Tiefe unterhalb der Rinde gelegen sein sollte (vergl. z. B. S. 525, 554; Pflügers Arch. 30. 224, 253), doch in „oberflächlichen Grosshirnportionen“ existieren lässt.

1) Pflügers Arch. 30. 217, 217 Anm., 224—225 (Gesammelte Beiträge 518, 518 Anm., 524—525).

2) Vergl. unten 131 Anm. 2.

zugeordneten Muskelzentren stehen einige — man kann annehmen, durch die Vorzüglichkeit der sie verbindenden Leitungsbahnen — in besonders enger Beziehung zu einander, so dass die Erregung, die von der Peripherie her auf sensiblen Bahnen zum ersten Muskelzentrum gelangt, von diesem aus in bestimmter Reihenfolge die Muskelzentren der Gruppe durchläuft, ohne auf nicht zur Gruppe gehörige, wenn auch noch so nahe Muskelzentren überzugehen. Solcher Gruppen von Muskelzentren — man bezeichnet sie gewöhnlich als Reflexzentren, wir nennen sie besser Markzentren — gibt es eine Anzahl für jeden Körperteil; und sie sind die im Nervensystem vorgebildeten Einrichtungen, durch welche es zu den geordneten und zweckmässigen reflektorischen Bewegungen des Körperteiles kommt, die man gemeinhin kurz Reflexbewegungen nennt, z. B. zur Greif-, Stoss-, Kratzbewegung usw. der Extremität. Wiederum sind von den Markzentren, welche den verschiedenen Körperteilen zugeordnet sind, einige durch besonders gute Leitungsbahnen, welche die ersten Muskelzentren des einen und des anderen Markzentrums verbinden, in eine engere Beziehung gebracht, so dass die Erregung, indem sie von einem ersten Muskelzentrum aus sich verbreitet, auch zu Bewegungen mehrerer Körperteile führen kann; die Bewegungen, welche zusammenreffen, sind dann immer derart, dass sie in Richtung auf ein und dasselbe Ziel zweckmässig erscheinen, wie z. B. Anziehen (Beugung) des gereizten Beines und Stossen (Streckung) des anderen Beines. Aber für das zweckmässige Zusammenwirken mehrerer Körperteile bestehen ausserdem noch eigene Einrichtungen in den Prinzipalzentren, Ganglienzellen-Komplexen, welche im Gehirn unterhalb der Grosshirnrinde gelegen und durch eigene Leitungsbahnen mit Markzentren verschiedener Körperteile verbunden sind. Jedem Prinzipalzentrum sind so als oberem Zentrum gewisse Markzentren untergeordnet, so dass die Erregung, die von der Peripherie her auf sensiblen Bahnen zu einem Prinzipalzentrum gelangt, die gleichzeitige oder gesetzmässig in der Zeit einander folgende Erregung der mit dem Prinzipalzentrum verbundenen Markzentren verschiedener Körperteile nach sich zieht. Gehen, Laufen, Springen, Aufrichten geben Beispiele von Prinzipalbewegungen ab, die durch die Prinzipalzentren zustandekommen.

Vom Zentralnervensystem ohne die Grosshirnrinde können also alle Muskeln in Tätigkeit gesetzt und geordnete oder zweckmässige Bewegungen eines oder mehrerer Körperteile herbeigeführt werden, wenn infolge peripherischer Reizung die Erregung auf sensiblen Bahnen zu den Muskel- oder Mark- oder Prinzipalzentren gelangt. Ist die Grosshirnrinde nicht ausgeschlossen, so ist nicht nur die Möglichkeit solcher gemeinen Reflexe vorhanden, sondern es können auch, ohne dass es einer peripherischen Reizung bedarf, — willkürlich, wie man sagt — die

Muskeln in Tätigkeit gesetzt und die Körperteile zweckmässig bewegt werden, indem die Erregung von zentralen Elementen der Grosshirnrinde ausgeht und auf Leitungsbahnen, welche die Elemente mit den Muskel-, Mark- und Prinzipalzentren verbinden, den letzteren zugeführt wird. Aber die willkürlichen Bewegungen sind nicht, wie man bis in die jüngste Zeit hinein geglaubt hat, die einzigen Leistungen der Grosshirnrinde in Richtung auf die Bewegungen des Tieres; vielmehr können durch die Grosshirnrinde, wenn infolge peripherischer Reizung die Erregung auf sensiblen Bahnen zu zentralen Elementen der Rinde gelangt, auch unwillkürliche Bewegungen zustandekommen, indem dann die Erregung in der Grosshirnrinde auf die Leitungsbahnen übergeht, welche dieselbe mit den Zentren unterhalb der Grosshirnrinde verbinden. Diese Rindenreflexe treten auf viel schwächere peripherische Reizung ein und sind Bewegungen anderer Art, als die gemeinen Reflexe, wie es z. B. bei mechanischem Angriff der Finger oder Zehen die Berührungsreflexe gegenüber den gemeinen Reflexen zeigen.

Demnach bestehen am normalen Tiere dreierlei Modalitäten der Bewegung: willkürliche Bewegung, Rindenreflexbewegung und gemeine Reflexbewegung, und ist lediglich die letztere von der Grosshirnrinde unabhängig. Ebendiese Modalität kommt jedoch auch nur verhältnismässig selten vor. Man darf sich nicht durch die vielerlei Bewegungen, welche am Tiere ohne Grosshirn bei langer Lebensdauer desselben zu beobachten sind¹⁾, zu dem Glauben verleiten lassen, dass es zu allen den Bewegungen auch am unversehrten Tiere ohne Zutun der Grosshirnrinde kommt. Denn ein Teil der Bewegungen des grosshirnlosen Tieres wird überhaupt erst durch die Isolierungsveränderungen²⁾ ermöglicht, welche nach der Abtrennung des Grosshirns statthaben, die Erhöhung der Erregbarkeit, welche die Zentren, und die Verbesserung der Leitungsfähigkeit, welche die Nervenbahnen im Reste des Zentralnervensystems weit über die Norm hinaus mit der Zeit erfahren; und ein anderer Teil jener Bewegungen ist am unversehrten Tiere dadurch ausgeschlossen, dass das Grosshirn gewissermassen dem übrigen Zentralnervensystem zuvorkommt, schon auf schwächere äussere Einwirkung hin Bewegungen veranlasst. Am normalen Tiere stellen sich gemeine Reflexbewegungen bloss dann ein, wenn plötzlich ein starker Reiz an der Peripherie angreift, und werden alle anderen Bewegungen durch die Grosshirnrinde herbeigeführt, sind diese Bewegungen, wie wir kurz sagen wollen, Rindenbewegungen.

Verführt dadurch, dass man ausschliesslich die Scheitellappen-Rinde

1) S. besonders Goltz, Der Hund ohne Grosshirn. Pflügers Arch. 51. 1892. 570 ff. — Vergl. dazu Herm. Munk, Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1894. 366—7 (s. unten Abhandlung VII).

2) S. oben 29 ff.

elektrisch reizbar fand, hat man in den Anfängen des eingehenderen Studiums der Grosshirnrinde alle Rindenbewegungen von der Rinde des Scheitellappens abhängen lassen und in ihr den motorischen oder psychomotorischen vorderen Teil gegenüber dem nicht motorischen hinteren Teile der Grosshirnrinde gesehen. Dem widersprach jedoch bald, dass die Scheitellappen-Rinde als eine gleichwertige Sinnessphäre, die Fühlsphäre, neben der Sehsphäre in der Hinterhauptslappen-Rinde und der Hörsphäre in der Schläfenlappen-Rinde sich ergab¹⁾. Später, als auch die Hinterhauptslappen-Rinde elektrisch reizbar gefunden war²⁾, liess sich ferner nachweisen³⁾, dass die Seiten- und Auf- und Abwärtsbewegungen der Augen, welche solcher Reizung folgen, auf die Weise entstehen, dass die Erregung von der Sehsphäre auf Leitungsbahnen, welche direkt von ihr in die niederen Hirnteile führen, zu den Zentren für die Augenbewegungen gelangt; und man musste annehmen, dass auf diesem nächsten und kürzesten Wege die Rindenreflexe in nächster Folge des Sehens zustandekommen, die unwillkürlichen Augenbewegungen, welche dem neu im Gesichtsfelde Auftauchenden den Blick zuwenden. Was darnach zu erwarten stand, dass die Rindenreflexe in nächster Folge des Hörens in gleicher Weise unmittelbar von der Hörsphäre abhängig sind, bestätigte dann auch der Versuch⁴⁾, insofern die Schläfenlappen-Rinde gleichfalls elektrisch reizbar sich erwies und hier die Reizung Ohrbewegungen zur Folge hat. Dazu kommt endlich, dass nachweislich die entsprechenden Rindenreflexe im Bereiche des Gefühlssinnes der Haut, die Berührungsreflexe, ebenso abhängig sind von der Fühlsphäre und sogar von derjenigen ihrer Regionen, welcher der berührte Körperteil zugehört und deren elektrische Reizung Bewegungen an demselben Körperteile zur Folge hat⁵⁾. Daher ist es für die Rindenreflexbewegungen ausser Zweifel, dass sie nicht insgesamt von der Scheitellappen-Rinde herbeigeführt werden, sondern jedesmal von zentralen Elementen derjenigen Sinnessphäre, in welche infolge der peripherischen Reizung die Erregung gelangt, mittels direkter Leitungsbahnen, welche ebendiese Sinnessphäre mit den Zentren unterhalb der Grosshirnrinde verbinden.

Ebenso zweifellos werden andererseits alle willkürlichen Bewegungen, welche einen einzelnen Körperteil betreffen, ausschliesslich von der Scheitellappen-Rinde angeregt, und zwar jedesmal ausschliesslich von

1) Herm. Munk, Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1878. 171 ff. (Grosshirnrinde 32 ff.)

2) E. A. Schäfer, Brain **11**. 1888. 1f. — (Herm. Munk und) Obregia, Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1890. 260 ff.

3) Herm. Munk, Sitzungsber. d. Berl. Akad. d. Wiss. 1890. 53 ff. (Grosshirnrinde 293 ff.)

4) B. Baginsky, Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1891. 227 ff.

5) S. oben 24 ff.

derjenigen Region, welcher der Körperteil zugehört, mittels Leitungsbahnen, welche von zentralen Elementen der Region zu den Muskel- oder Markzentren des Körperteiles führen. Und nochmals anders verhält es sich mit den Bewegungen, welche ein Körperteil in Verbindung oder in der Reihe mit anderen Körperteilen beim willkürlichen Gehen, Laufen, Aufrichten, Klettern usw. vollführt. Diese Bewegungen können im groben ganz ohne Zutun der Region erfolgen, welcher der Körperteil zugehört, indem die Prinzipalzentren auf eigenen Leitungsbahnen seitens der Grosshirnrinde erregt werden; und lediglich ihre Regulierung, ihre feinere Anpassung an die äusseren Umstände, wie Unebenheit, Härte, Glätte des Bodens usw.¹⁾, wird auf dem Wege des Rindenreflexes von der zugeordneten Region geleistet. Die Erregung der Prinzipalzentren kann aber von verschiedenen Stellen der Grosshirnrinde aus herbeigeführt werden; denn abgesehen von der Regulierung, wird das unwillkürliche Gehen, Laufen, Klettern usw. durch keinerlei partielle Exstirpationen der Grosshirnrinde geschädigt, ebensowenig, wie durch die beiderseitige Exstirpation der Sehsphäre oder der Hörsphäre, durch die beiderseitige Exstirpation gleich grosser oder noch grösserer Abschnitte der übrigen Rinde, insbesondere auch nicht durch die beiderseitige Exstirpation der Extremitätenregionen oder dieser und angrenzender Stücke der Nachbarregionen. Man findet keinen Anlass zu glauben, dass die Fühlsphäre bezüglich der Verbindungen mit den Prinzipalzentren vor der Seh- oder der Hörsphäre bevorzugt sei.

1) In seinen „Gesammelten Beiträgen zur Physiologie“, 3. 1896. 517, fügt Schiff zu der Angabe, dass „wenn sich die operierten Hunde langsam bewegen oder wenn sie stehen, man einzelne Modifikationen in der Haltung der Glieder sieht, die ganz und gar übereinstimmen mit den Modifikationen nach Durchschneidung der Hinterstränge des Marks, und die sich alle ohne Ausnahme vollständig erklären lassen aus dem Mangel des Berührungsgefühles und der daraus resultierenden mangelhaften Kenntnis der Lage der Glieder, der Spannung der Gelenke, der Grösse der ausgeführten Bewegung, und der Unebenheiten und der Konsistenz des Bodens, auf den sie sich stützen“, die Anmerkung hinzu: „Siehe dieselben Tatsachen angegeben von Munk, Berliner Akademie 1893, pag. 759 et seq.“ Ich bin dadurch zu der Bemerkung genötigt, die ich früher unterdrückt habe, dass Schiff, als er zuerst in seiner Abhandlung vom Jahre 1883 (Pflügers Arch. 30. 216) die angeführte Stelle veröffentlichte, anzumerken unterlassen hat: „Siehe dasselbe schon angegeben von Munk, Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1878. 174“. Denn hier heisst es — ich ziehe nur einen Satz heran —: „diese grobe Mechanik reicht für das wirkliche Gehen des Lebens nicht aus. Dafür müssen die Gehbewegungen noch besonders den jedesmaligen äusseren Bedingungen des Gehens angepasst sein, vornehmlich der Beschaffenheit des Bodens, seiner Härte, seiner Unebenheit, seiner Glätte u. s. f.; dafür muss noch eine Regulation der groben Mechanik erfolgen, eine Regulation, welche die durch die Bewegungen der Beine entstandenen Tastvorstellungen vermitteln, indem sie die erforderliche Abänderung der Muskeltätigkeit herbeiführen“. (Grosshirnrinde 36.)

Die Fühlspäre ist also bezüglich der willkürlichen Prinzipalbewegungen und der Rindenreflexbewegungen im Prinzip gleichwertig der Sehsphäre und der Hörsphäre, hat aber vor diesen Sinnessphären das voraus, dass sie für sich allein die willkürlichen Bewegungen, welche einen einzelnen Körperteil betreffen, beherrscht. Dadurch nimmt die Fühlspäre in Hinsicht auf die Anregung der Bewegungen eine besondere Stellung gegenüber der übrigen Rinde ein. Sonst erscheint ihre Bedeutung für die Bewegungen des Tieres nur deshalb besonders gross, weil, während die Seh- und die Hörsphäre bloss Augen- und Ohrbewegungen als Seh- und Hörreflexe — Reflexbewegungen in nächster Folge des Sehens und Hörens — liefern, ihre Fühlreflexe — Reflexbewegungen in nächster Folge des Fühlens — sich auf alle Körperteile erstrecken und auch die Regulierung, die Vervollkommnung und Anpassung, der willkürlichen Prinzipalbewegungen umfassen.

Innerhalb der Fühlspäre ist es dann jedesmal die bezüglich des Gefühlssinnes dem Körperteile zugeordnete Region, welche die auf den Körperteil beschränkten willkürlichen Bewegungen und die Fühlreflexe des Körperteiles herbeiführt. Beiderlei Bewegungen gehen mit dem Untergange der Region für immer verloren, und erhalten bleibt dem Körperteile von den bisherigen Rindenbewegungen lediglich die willkürliche Bewegung bei den Prinzipalbewegungen. Dazu kann aber nunmehr, unter den abnormen Verhältnissen, der Körperteil unter Umständen noch auf die Weise willkürlich tätig werden, dass seine Markzentren durch die Vermittelung der Markzentren eines anderen Körperteiles von der dem letzteren zugeordneten Region in Erregung gesetzt werden. Diese sekundären Bewegungen des Körperteiles bleiben in der Regel daran kenntlich, dass sie mit den primären Bewegungen des anderen Körperteiles verbunden und, wo es sich nicht ausschliesslich um grobe Bewegungen handelt, ungeschickt sind; doch kann es bei häufiger Wiederkehr der nämlichen Bewegungen geschehen, dass die primären Bewegungen allmählich unterdrückt werden, indem die Region, welche diese Bewegungen herbeiführt, zugleich auch die antagonistischen Markzentren erregt, und dass so schliesslich grobe sekundäre Bewegungen nicht mehr von den entsprechenden normalen willkürlichen Bewegungen sich unterscheiden lassen. Am unversehrten Tiere findet sich nichts, das an das normale Vorkommen solcher sekundären Bewegungen denken liesse.

11.

Wie dergestalt das Verständnis der Bedeutung gewonnen ist, welche der Scheitellappen-Rinde oder der Fühlspäre und ihren Regionen für die normalen Bewegungen des Tieres zukommt, versteht es sich, dass die Mark- und Muskelzentren jedes Körperteiles durch Nervenbahnen mit

zentralen Elementen derjenigen Region verbunden sind, welche dem Körperteile zugeordnet ist. Dabei brauchen wir jedoch nicht stehen zu bleiben. Es ist schon früher¹⁾ ausgeführt worden, dass, weil die Fühlsphäre nicht bloss Fühlreflexe, sondern auch willkürliche Bewegungen herbeiführt, die Leitungsbahnen, welche von der Fühlsphäre zu den Mark- und Muskelzentren führen, nicht unmittelbar von denjenigen zentralen Elementen ausgehen können, in welchen die sensiblen Nervenbahnen, deren Erregung die Berührungsempfindung zur Folge hat, ihr Ende finden, sondern ihre Ausgangspunkte in anderen zentralen Elementen haben müssen, welche mit jenen „berührungsempfindenden“ in leitender Verbindung stehen, und welche „motorische Elemente“ heissen mögen. Wir haben ferner gesehen²⁾, dass, während auf dem Wege des gemeinen Reflexes verhältnismässig nur wenige Muskelzentren unmittelbar und für sich allein, die anderen Muskelzentren bloss mittelbar und in Verbindung mit den ersteren in Tätigkeit kommen, die Fühlsphäre diese wie jene Muskelzentren unmittelbar und für sich allein in Erregung zu setzen vermag. Dazu lehrt die Beobachtung des Hundes, Affen, Menschen, dass es lediglich eine kleine und, je höher das Tier in der Tierreihe steht, desto kleinere Anzahl von Muskeln gibt, die nicht für sich allein, ausser Verbindung mit anderen Muskeln desselben Körperteiles, willkürlich oder auf dem Wege des Fühlreflexes tätig werden können. Ohne wesentlichen Fehler können wir daher hier nahezu jedem Muskelzentrum eine eigene Vertretung in der Fühlsphäre zuschreiben, derart dass es durch eine besondere Leitungsbahn mit einem besonderen motorischen Elemente der Fühlsphäre in Verbindung steht. Indem nun in jeder Region der Fühlsphäre ebenso, wie alle berührungsempfindenden Elemente für die Haut des zugehörigen Körperteiles, alle motorischen Elemente für die Muskelzentren desselben Körperteiles vereint sich finden, lässt sich vermuten, dass, wie sich noch engere örtliche Beziehungen der berührungsempfindenden Elemente der Region zur Haut ergeben haben, so auch noch engere örtliche Beziehungen der mit den Muskelzentren verbundenen motorischen Elemente der Region zu den Muskelzentren oder den von diesen abhängigen Muskeln des Körperteiles bestehen: und dafür bringen in der Tat die partiellen Exstirpationen der Extremitätenregionen die Bestätigung.

Beim Hunde zwar kommt man durch die Versuche, die hier bloss an der Vorderbeinregion ausführbar sind³⁾, nicht zu unzweideutigen Ergebnissen, wenn man auch für eine gewisse Zeit nach der Exstirpation

1) S. oben 66.

2) S. oben 63—6.

3) S. oben 109—10.

regelmässige Verschiedenheiten, den nachfolgenden Ermittlungen entsprechend, im Pfotegeben und Scharren des Vorderbeines, wie in der Haltung und Bewegung seiner Glieder konstatiert, je nachdem die vordere oder die hintere Hälfte der Vorderbeinregion exstirpiert ist. Anders aber ist es beim Affen. Hierhergehörige Versuche sind schon von Hrn. Ferrier¹⁾, zum Teil in Verbindung mit Hrn. Yeo²⁾, und von den HH. Horsley und Schäfer³⁾ angestellt worden und haben das Ergebnis geliefert, dass die Rindenzerstörung jedesmal die Paralyse oder Parese derjenigen Bewegungen zur Folge hat, welche sich durch die elektrische Reizung derselben Rindenpartie hervorrufen lassen. Deutlich geht auch aus den Versuchen hervor, dass mit dem Wechsel der angegriffenen Rindenpartie die betroffenen Glieder von Arm und Bein ebenso wechseln hinsichtlich der Bewegungsstörung infolge der Exstirpation, wie hinsichtlich der Bewegung infolge der Reizung, und die einen Male vornehmlich obere, die anderen Male vornehmlich untere Glieder durch die Exstirpation in den Bewegungen beeinträchtigt sind. Doch über den Umfang, in welchem die Schädigung oder der Verlust der Bewegungen eintritt, gewähren die Versuche nur eine unbefriedigende Auskunft, teils weil die Kontrakturen den wahren Sachverhalt verdunkelten, teils und ganz besonders weil die Experimentatoren die verschiedenen Bewegungsarten nicht auseinanderhielten. Deshalb bedürfen diese partiellen Exstirpationen von unserem vorgerückten Standpunkte aus der erneuten Untersuchung, um sie in den Rahmen unserer Betrachtungen einfügen zu können.

Nach der Exstirpation der verbreiterten lateralen Partie der linken Armregion ist das Verhalten des rechten Armes beim Gehen, Laufen, Springen, Klettern, Aufrichten des Affen im wesentlichen dasselbe, wie nach der Totalexstirpation der linken Extremitätenregionen; nur hängt der Arm von vorneherein weniger schlaff herab und treten die Besserungen im Gehen und Klettern rascher ein. Dagegen benutzt der Affe schon am 2.—3. Tage nicht mehr ausschliesslich den linken Arm, um die Nahrung zu greifen und zum Munde zu führen, sondern tut dasselbe auch gelegentlich einmal mit dem rechten Arme, wenn gerade zur Seite dieses Armes die Nahrung lag; und bald wird immer öfter der rechte Arm in solcher Weise tätig, bis schliesslich eine Bevorzugung des linken Armes nicht mehr zu bemerken ist. Der Affe kratzt sich ferner mit dem rechten Arme an verschiedenen Stellen der rechten Körperhälfte;

1) Philos. Transact. of the R. Soc. of London 1875, Part. II. 443—4.

2) Ebenda 1884, Part. II. 510—20.

3) Ebenda 179 (1888), B, 12—15, 25—33. — Dass bei den Versuchen von Ferrier und von Ferrier und Yeo, wie bei einigen Versuchen von Schäfer und Horsley die Rinde nicht abgeschnitten, sondern kauterisiert wurde, ist hier belanglos.

er drückt mit dem rechten Arme die rechte Backentasche aus; er entfernt, wenn er an den Gitterstäben des Käfigs hängt, den rechten Arm vom Stabe und legt ihn wieder an; er verwendet zur Reinigung des Pelzes des Genossen eine Zeit lang den rechten Arm, wie eine andere Zeit lang den linken. Von dem Untergange der isolierten willkürlichen Bewegungen des rechten Armes kann demnach hier nicht die Rede sein. Dennoch liegt ein bleibender Verlust an solchen Bewegungen vor. Die Nahrung, die dicht an der linken Hand sich befindet, nimmt der linke Arm unter zarter Bewegung der unteren Glieder allein und fasst sie mit den Fingern: der rechte Arm setzt im entsprechenden Falle zugleich die oberen Glieder in Bewegung, er stösst gewissermassen auf die Nahrung los und fasst sie, indem er die Hand zur Faust schliesst. So mit der vollen Hand nimmt der rechte Arm auch sonst immer, z. B. vom Boden die Nahrung auf; daher ihm das Fassen nur bei der Kirsche, der Beere und überhaupt grösseren Nahrungsstücken gut gelingt, aber bei dem Haferkorn, ja öfters schon bei der Erbse Schwierigkeiten macht, die erst durch wiederholte Greifbewegungen überwunden werden, und beim Reiskorn oder noch kleineren Apfel- und Mohrrübenstückchen in der Regel misslingt. Hat der Affe die Nahrung zum Munde geführt, so schiebt der linke Arm sie mit den Fingern in den Mund hinein: der rechte Arm tut nichts der Art, sondern verhält sich passiv, während Lippen und Zähne die Nahrung aus der Hohlhand holen. Hat man, wenn der Affe an den Gitterstäben des Käfigs hängt, die linke Hand vorsichtig vom Stabe abgelöst, so dass sie in der Nähe des Stabes verblieb, oder hat der Affe selbst die Hand derart abgezogen, so macht diese Hand nur für sich allein eine kleine Bewegung, um sich von neuem anzuhängen: die rechte Hand wird in gleichem Falle unter Bewegung des ganzen Armes mehr stossweise wieder angelegt. Kratzt sich der Affe mit dem linken Arme oder säubert er mit ihm den fremden Pelz, so bleibt nicht immer der ganze Arm in Bewegung, sondern werden zeitweilig bei Ruhe der oberen Glieder bloss Hand und Finger bewegt, und die gegenseitige Stellung der letzteren wird mehrfach verändert, um die Kratzstelle zu wechseln, einzelne Haare abzustreifen usw.: bei den gleichen Vornahmen mit dem rechten Arme geht der ganze Arm ununterbrochen hin und her, und bloss Beugungen und Streckungen wechseln dabei an den Fingern mit einander ab. Die Bewegungen verschiedener Fingergruppen, wie man sie in grösster Mannigfaltigkeit sieht, wenn der linke Arm Hafer- oder Reiskörner aus der Hohlhand des Experimentators oder aus der Klemme zwischen seinen Fingern nimmt, treten überhaupt unter keinen Umständen am rechten Arme ein. Es sind also am rechten Arme die willkürlichen Bewegungen, welche die unteren Glieder für sich allein vollführen, für immer verloren; und es beteiligen sich diese Glieder nur

noch in Gemeinschaft mit den oberen Gliedern an den isolierten willkürlichen Bewegungen des Armes, aber auch da nur durch einfache, nicht verwickeltere Bewegungen.

Schon wenn man ein grösseres Stück — etwa die zwei lateralen Drittel — der verbreiterten lateralen Partie der Armregion exstirpiert, kann man die beschriebenen Beobachtungen machen. Bei kleineren Exstirpationen ist die richtige Auffassung der Störungen erschwert, weil die isolierten willkürlichen Bewegungen von Hand und Fingern nicht gänzlich fehlen. Aber die andauernde Unbeholfenheit der Finger ist auch noch bei Exstirpationen von etwa 5 mm Länge und Breite, die den lateralsten Teil der Armregion betreffen, nicht zu verkennen¹⁾.

Exstirpiert man die medialste, der Falx zugewandte Partie der linken Extremitätenregionen und von der an der Konvexität gelegenen Partie derselben einen anstossenden Streifen von solcher Breite, dass die laterale Grenze der Beinregion erreicht ist, so bieten die rechten Extremitäten im wesentlichen dasselbe Verhalten, wie nach der Total-exstirpation der linken Extremitätenregionen, dar bis auf die folgenden Abweichungen am rechten Arme. Schon nach wenigen Tagen folgen regelmässig der Berührung von Hand und Fingern die Berührungsreflexe oder auch isolierte willkürliche Bewegungen des Armes, beiderlei Bewegungen jedoch nur auf die unteren Glieder bis zum Vorderarme sich erstreckend. Um alles, das man in die Hohlhand legt, schliesst sich die Hand; und was man an die Finger bringt, wird geschickt von diesen gefasst. Aber wenn Nahrung so in die rechte Hand gelangte und der Affe noch so gierig nach derselben ist, bewegt sich während einer ersten Zeit diese Hand doch nicht weiter, sondern wird die Nahrung vom linken Arme aus der rechten Hand geholt und zum Munde geführt. In dieser

1) Beiläufig kann folgende Erfahrung von Interesse sein. Als ich einen Affen vor seiner Verwendung zum Versuche prüfte, fiel mir auf, dass er kleine Nahrungsstücke, nach welchen er mit der linken Hand griff, öfters nicht fasste. Die genauere Untersuchung stellte heraus, dass der Affe sonst ganz normal war, aber an der linken Hand den Zeigefinger nicht allein für sich bewegen und auch die kombinierte Bewegung von Daumen und Zeigefinger, die zum Fassen mit den Spitzen dieser Finger erforderlich ist, nicht ausführen konnte. Wenn er ein Hafer- oder Reiskorn oder ein noch kleineres Mohrrübenstück aus meiner Hand oder vom Querbalken zwischen den Gitterstäben mit seiner linken Hand zu nehmen hatte, sah man ein verwickeltes und ungeordnetes Spielen aller Finger, das ziemlich lange dauern konnte, bis es ihm endlich gelang, zwischen Daumen und einem der drei letzten Finger das Stück zu fixieren. In drei Monaten trat keine Veränderung ein. Die Sektion ergab an der rechten Hemisphäre da, wo etwa die Mitte der lateralsten Partie der Vorderbeinregion anzunehmen war, eine kreisrunde Stelle von wenigen Millimetern Durchmesser, an welcher unter der adhaerenten Pia die Rinde stark gelb verfärbt war. Am Schädel fand sich, dem rechten Sulcus Rolando ungefähr im Verlaufe entsprechend und über jene Stelle hinweggehend, eine geheilte Fissur.

Zeit nimmt auch sonst der Affe die Nahrung fast immer mit dem linken Arme auf; nur wenn er die Nahrung, die nahe der rechten Hand sich befindet, nicht mit dem linken Arme hat erreichen können, selbst nicht durch das Hinübergreifen über den rechten Arm, und wenn er nicht infolgedessen, wie es häufig geschieht, auf das Einbringen der Nahrung ganz verzichtet, holen die unteren Glieder des rechten Armes mit schwerfälliger, wie zögernder Bewegung die Nahrung heran, die nunmehr wiederum der linke Arm zum Munde führt oder der Mund selbst, der durch eine starke Rechtskrümmung der Wirbelsäule herangebracht wird, aus der rechten Hand entnimmt. Später erfolgen dieselben Bewegungen der unteren Glieder des rechten Armes immer häufiger und rascher, und dann wird auch die gefasste Nahrung von diesen Gliedern selbst zum Munde geführt. Schliesslich treten noch kleine, wenig umfangreiche Bewegungen des Oberarms zu den Bewegungen der unteren Glieder hinzu, und damit ist in der 4.—5. Woche das Verhalten bei der Nahrungsaufnahme erreicht, bei welchem es für die Folge verbleibt. Meist ist kein Unterschied zwischen rechtem und linkem Arme bemerklich; aber wenn die Nahrungsstücke in grösserer Entfernung oder Höhe vor dem sitzenden oder am Gitter hängenden Affen gehalten werden, erreicht sie der Affe unter ganz denselben Umständen, unter welchen er sie bequem mittels Bewegung des linken Armes allein fasst, durch isolierte willkürliche Bewegungen des rechten Armes nicht und muss dafür den Rumpf mit in Bewegung setzen. Auch müssen in der Regel die Rumpfbewegungen zu Hülfe kommen, damit der hinter dem Gitter sitzende Affe das vor dem Gitter am Boden liegende Nahrungsstück fasst, wenn die rechte Hand das Nahrungsstück nicht sogleich traf, sondern daneben geriet, oder wenn der vorgestreckte rechte Arm auf einen Gitterstab stiess und sich mit den Fingern in ihm verfang: am linken Arme kommen solche Missgriffe gar nicht vor oder werden sie zum mindesten durch Bewegungen des Armes allein sofort unauffällig verbessert. Zum Kratzen mit dem rechten Arme kommt es nicht anders, als dass, wenn gerade die Hand am Gesäss oder am Schenkel sich befindet, Hand und Finger Kratzbewegungen ausführen; ein Hin- und Hergehen des Armes verbindet sich damit nicht, die oberen Glieder bleiben in Ruhe. Ebenso ist es beim Reinigen des Pelzes. Hier sind also am rechten Arme die isolierten willkürlichen Bewegungen der unteren Glieder erhalten, die der oberen Glieder bis auf kleine, sehr beschränkte Bewegungen des Oberarms, die erst spät und nur in Verbindung mit Bewegungen der unteren Glieder eintreten, für immer verloren; und ebenso verloren sind alle willkürlichen Bewegungen des rechten Beines.

Exstirpiert man die medialste, der Falx zugewandte Partie der linken Extremitätenregionen und von der an der Konvexität gelegenen

Partie derselben nur einen so schmalen anstossenden Streifen, wie der Dicke der abgetragenen medialen Rinde entspricht, so ist beim Gehen, Springen, Klettern, Aufrichten des Affen das Verhalten des rechten Beines nicht anders, als nach der Totalexstirpation der linken Extremitätenregionen; der rechte Arm aber zeigt das entsprechende Verhalten bloss am 1.—2. Tage, und dann schreitet die Besserung so rasch vor, dass nach 8—14 Tagen kaum noch einzelne Ungeschicktheiten sich finden, Ungeschicktheiten der Art, dass der Arm beim Gehen einmal schlecht aufgesetzt wird und abgleitet, beim Klettern einmal den Stab verfehlt. An diesem rechten Arme fehlen auch nur in den ersten 1—2 Tagen die Berührungsreflexe und die isolierten willkürlichen Bewegungen; danach zeigen sie sich hier ebenso, wie am linken Arme, höchstens dass die letzteren Bewegungen die ersten Male mit einer gewissen Unsicherheit und Trägheit erfolgen. Am rechten Beine bewegen sich schon wenige Tage nach der Operation Zehen und Fuss regelmässig auf Berührung, schliesst sich der Fuss fest um die Kirsche, den Stab, den Finger, die man in die Planta bringt, und fassen die Zehen dieselben Objekte geschickt, wenn sie an ihre Hohlseite kommen. Später treten noch, wenn der Affe lange ruhig sitzt, zu Zeiten wiederholte Bewegungen und Streckungen der Zehen ganz für sich allein am rechten Beine gerade so auf, wie am linken Beine. Aber weitere Berührungsreflexe und isolierte willkürliche Bewegungen kommen am rechten Beine nicht vor, auch wenn der Affe durch Monate am Leben bleibt. In diesem Falle sind also am rechten Beine die isolierten willkürlichen Bewegungen der oberen Glieder für immer verloren, dagegen die der unteren Glieder erhalten und macht sich an den isolierten willkürlichen Bewegungen des rechten Armes ein Verlust für die Dauer nicht bemerklich.

Mithin lehrt die Gesamtheit dieser partiellen Exstirpationen der Extremitätenregionen, dass auch innerhalb jeder Region die motorischen Elemente, welche mit den Muskelzentren des zugehörigen Körperteiles in Verbindung stehen, nicht bunt durch einander liegen, sondern regelmässig angeordnet sind in Bezug auf die Lage der Muskeln, welche sie mittels der Muskelzentren beherrschen. Da die Exstirpation einer zusammenhängenden Partie der Arm- oder Beinregion immer einen zusammenhängenden Teil vom Arme bez. Beine der isolierten willkürlichen Bewegungen beraubt, während dem übrigen Arme bez. Beine diese Bewegungen verbleiben, kann es nicht anders sein, als dass immer alle motorischen Elemente, deren Muskelzentren dieselben Glieder der Extremität in Bewegung setzen, in einer Gruppe beisammen sich befinden. Und da, je nachdem die Exstirpation in der Armregion die mediale oder die laterale Partie oder nur das lateralste Stück der letzteren Partie betrifft, an den oberen oder an den unteren oder bloss an den untersten

Gliedern des Armes die isolierten willkürlichen Bewegungen fehlen, müssen die Gruppen der motorischen Elemente so auf einander folgen, wie die Glieder der Extremität. Demnach lassen sich ähnlich, wie die Muskeln im Körperteile bei und hinter einander gereiht sind, die motorischen Elemente, welche mittels der Muskelzentren die Muskeln beherrschen, in der Region neben und nach einander gelegen annehmen.

Geht man von der Projektion der Haut auf die Fühlsphären aus, so führt auch auf dieselbe Anordnung der motorischen Elemente in der Region, was der Vergleich unserer letzten partiellen Exstirpationen mit unseren früheren (S. 110) herausstellt: dass die nämliche Partie der Arm- oder Beinregion, welche der Haut gewisser Glieder des Armes bez. Beines zugeordnet ist, zugleich die isolierten willkürlichen Bewegungen ebendieser Glieder herbeiführt. Man könnte nur bei der einen wie der anderen Ableitung noch eine Schwäche darin sehen, dass bloss die Folgen verhältnismässig grosser Exstirpationen zugrundeliegen. Obwohl die undeutlichen Ergebnisse kleinerer solcher Exstirpationen schon durch die Schwierigkeiten der Beobachtung und Prüfung zur genüge sich erklären lassen, so könnte man doch in Zweifel ziehen, ob die Ermittlungen an grösseren Partien der Extremitätenregionen auch für kleinere Partien derselben Geltung haben. Aber den Zweifel heben unsere Erfahrungen bezüglich der Berührungsreflexe¹⁾. Auf die leiseste, eben erfolgreiche Berührung eines Gliedes antwortet immer allein das berührte Glied mit Bewegung, die Finger, die Zehen, beim Affen sogar der einzelne Finger, die Hand, der Fuss, der Vorderarm usw.²⁾; und kommen bei stärkerer Reizung mehr Glieder in Bewegung, so ist es doch immer das berührte Glied, welches zuerst sich bewegt. Durchweg sind darnach die berührungsempfindenden Elemente für die Haut eines Gliedes am besten leitend verbunden mit denjenigen motorischen Elementen der Region, welche die dasselbe Glied bewegenden Muskeln beherrschen; und das lässt sich ohne weiteres durch die Kürze der Leitungsbahnen zwischen den beiderlei Elementen, nur mittels einer gar nicht zu begründenden Annahme durch die hervorragende Leitungsfähigkeit dieser Bahnen erklären. Es wird aber auch, dass das Nächstliegende in der Wirklichkeit zutrifft, dass beiderlei Elemente dicht bei einander sich befinden, unmittelbar bewiesen durch die Versuche am Hunde, in welchen nur ein kleinster Rest der linken Extremitätenregionen erhalten war und, bei sonstigem Fehlen jeder Spur von Berührungsempfindlichkeit an den rechten Extremitäten, der

1) S. oben 24, 63, 65.

2) Dass oft sogar auf Berührung der Beugeseite die Beuger, auf Berührung der Streckseite die Strecker des Gliedes tätig werden, vernachlässige ich hier, weil diese Berührungsreflexe erst noch einer genaueren Untersuchung bedürfen.

Berührung einer gewissen Stelle der Zehen die Bewegung der Zehen folgte¹⁾).

Noch anderes in unseren Versuchen tritt für die erkannte Anordnung der motorischen Elemente ein, das Verhalten der isolierten willkürlichen Bewegungen, welche mittels der Markzentren zustande kommen. Indem wir soweit bloss die engeren örtlichen Beziehungen zwischen den mit den Muskelzentren verbundenen motorischen Elementen und den Muskelzentren oder den von diesen abhängigen Muskeln ins Auge fassten, haben wir doch nur anscheinend die motorischen Elemente vernachlässigt, welche mit den Markzentren in Verbindung stehen. Wenn ein Markzentrum auf dem Wege des gemeinen Reflexes tätig wird, so geht die Erregung von den sensiblen Bahnen auf das erste Muskelzentrum desselben über und durchläuft dann von diesem aus in bestimmter Reihenfolge die anderen Muskelzentren der Gruppe; und wenn dazu noch die Tätigkeit eines zweiten Markzentrums sich gesellt, so wiederholt sich an diesem dasselbe, indem zu seinem ersten Muskelzentrum die Erregung von dem anderen ersten Muskelzentrum her gelangt²⁾. Ebenso ist es, wenn ein Markzentrum bei den Prinzipalbewegungen³⁾ oder bei den sekundären Bewegungen⁴⁾ tätig wird, nur dass die Erregung dem ersten Muskelzentrum dort von dem Prinzipalzentrums, hier von dem ersten Muskelzentrum eines anderen Markzentrums zugeführt wird. Demgemäss wird die Arm- oder Beinregion, um die Markzentren in Tätigkeit zu setzen und eine Greif-, Stoss-, Kratzbewegung oder dergleichen herbeizuführen, lediglich die ersten Muskelzentren der Markzentren zu erregen haben, also Muskelzentren, welche die obersten Glieder der Extremität bewegen, und werden die motorischen Elemente für diese Muskelzentren zugleich die motorischen Elemente für die Markzentren sein. Es lässt sich deshalb erwarten, dass die isolierten willkürlichen Arm- und Beinbewegungen, welche mittels der Markzentren zustande kommen, von den medialen Partien der Arm- und Beinregion abhängig sind: und so ergeben es in der Tat unsere partiellen Exstirpationen. Nach der Exstirpation der lateralen Partie der linken Armregion sieht man nicht bloss die isolierten willkürlichen Bewegungen der oberen Glieder des rechten Armes erhalten, sondern auch die isolierten willkürlichen Greif-, Stoss-, Kratzbewegungen des Armes, bei welchen die Vermittelung durch die Markzentren gar nicht zu verkennen ist, da auch die unteren Glieder des Armes, die der isolierten willkürlichen

1) S. oben 111.

2) S. oben 117; 24, 29—30, 61, 63, 64, 75.

3) S. oben 71—2, 76.

4) S. oben 75, 77, 97, 101 ff.

Bewegungen beraubt sind, aktiv sich beteiligen; es fehlen nur gänzlich die vervollkommnenden oder verfeinernden Modifikationen des Greifens, Stossens, Kratzens, welche in der Norm öfters auftreten, dadurch bewirkt, dass zu den Leistungen der Markzentren isolierte willkürliche Bewegungen der unteren Glieder hinzutreten. Dagegen bleiben nach der Exstirpation der medialen Partie der Arm- oder Beinregion alle isolierten willkürlichen Bewegungen des Armes bez. Beines, welche mittels der Markzentren zustande kommen, für immer aus; wie sich zeigt, vermag dann der Affe selbst die für ihn bedeutsamsten dieser verlorenen Bewegungen, wie das Ergreifen und Einbringen der Nahrung, nur allmählich und unvollkommen durch die ihm verbliebenen willkürlichen Bewegungen der unteren Glieder zu ersetzen.

Nebenbei liefern unsere Versuche eine wertvolle ergänzende Aufklärung. Wenn man am unversehrten Tiere oder am Tiere, das die Extremitätenregionen einer Seite verloren hat, die Gemeinreflexe und die Berührungsreflexe vergleichend studiert und auf den Angriff der Zehen die Glieder der Extremität mit wachsendem Reize bei jenen Reflexen von oben nach unten, bei diesen Reflexen von unten nach oben fortschreitend in die Bewegung einbezogen werden sieht, drängt sich der Glaube auf, dass die beiden Male die Erregung, den entgegengesetzten Enden des Markzentrums zugeleitet, in entgegengesetzter Richtung die Muskelzentren der Gruppe durchläuft¹⁾. Diesen Glauben mussten schon die Versuche erschüttern, bei welchen die Extremitätenregionen bis auf einen kleinsten Rest exstirpiert waren, da es bei der ausschliesslichen Bewegung der Zehen, welche die leiseste Berührung herbeiführte, immer auch bei stärkerer Berührung verblieb²⁾. Nunmehr erweist den Glauben als unrichtig, dass nach der Exstirpation der medialen Partie der Arm- oder Beinregion die Bewegung bei den Berührungsreflexen auf die unteren Glieder beschränkt bleibt und wohl von den Fingern auf die Hand und den Vorderarm, von den Zehen auf den Fuss, nie aber weiter auf die oberen Glieder, die der isolierten willkürlichen Bewegungen beraubt sind, sich verbreitet. Darnach kann die zunehmende Beteiligung der Glieder bei den Berührungsreflexen nichts mit dem Markzentrum zu schaffen haben, in welchem überhaupt nur in der Richtung von dem ersten oder obersten zum letzten oder untersten Muskelzentrum die Erregung sich fortpflanzen zu können scheint, sondern muss darauf beruhen, dass entsprechend mehr und mehr von den motorischen Elementen der Region in Erregung geraten infolge von Anastomosen, sei es der sensiblen Nervenbahnen, deren Erregung die Berührungsempfindung zur Folge hat,

1) S. oben 24—5, 63—4.

2) S. oben 111.

auf ihrem Wege von den Nervenendigungen in der Haut zu den Berührungsempfindenden Elementen der Region, sei es der motorischen Elemente in der Region selbst. Man kann aber nicht anstehen, sich zu gunsten der letzteren Anastomosen (oder Assoziationsfasern) zu entscheiden, wenn man erwägt, wie leicht und rasch einerseits bei den Berührungsreflexen neue Glieder in die Bewegung eintreten, und wie schwer und langsam andererseits es mittels der Anastomosen der sensiblen Bahnen zur Berührungsempfindlichkeit kommt, wo die normale Verbindung der Haut mit der Fühlsphäre gestört ist,¹⁾ und wenn man ferner in Betracht zieht, dass bei den Berührungsreflexen immer doch bloss einzelne Muskeln an den Gliedern tätig werden, was zu den Anastomosen der sensiblen Bahnen schwer in Beziehung zu bringen ist.²⁾

Die Einsicht, zu welcher wir so gelangt sind, sehen wir denn schliesslich auch im Einklang mit den Ergebnissen stehen, welche die elektrischen Reizungen der Region liefern. Man darf sich nur nicht damit begnügen, wie es meistens geschehen ist, dass man die Region abtastet, indem man schwache reizende Ströme mittels dicht bei einander befindlicher Elektroden der Oberfläche zuleitet, sondern man muss den allerdings viel mühsameren und viel Versuchsmaterial erfordernden Weg einschlagen, dass man das eine Mal hier, das andere Mal dort in der Region mit schwächsten, d. h. eben erfolgreichen Strömen reizt und, natürlich unter Einhaltung grösserer Pausen, die Dauer der Einwirkung

1) S. oben 113.

2) Zum Abschlusse dieser Ermittlungen wird es am Orte sein folgendes anzumerken. Zur Vereinfachung der Darlegung und um das, worauf es bei den vorliegenden Untersuchungen ankommt, möglichst klar und scharf hervortreten zu lassen, war es bei dem zeitigen Stande unserer Kenntnisse vom Rückenmark geboten, das Muskelzentrum als ein zusammenhängendes und einheitlich wirkendes Ganzes anzunehmen und als solches in die Bildung der Markzentren eingehen, wie mit der Grosshirnrinde in Verbindung treten zu lassen. Besteht das Muskelzentrum aus mehreren Stücken, von welchen eines oder einige mit der Rinde verbunden sind, andere in die Bildung der Markzentren eingehen, ohne mit der Rinde verbunden zu sein, so beziehen sich natürlich unsere Ermittlungen auf die motorischen Elemente der Region, welche jenen ersteren Stücken des Muskelzentrums vorgeordnet sind. Und wenn das Markzentrum nicht unmittelbar von Stücken der zur Gruppe gehörigen Muskelzentren gebildet ist, sondern sich zu diesen Stücken verhält wie das Prinzipalzentrum zu den Markzentren, wenn also das Markzentrum ein eigenes Ganglienzellen-Gebilde ist, mit welchem jene Stücke der zur Gruppe gehörigen Muskelzentren erst noch durch besondere Leitungsfasern in Verbindung gesetzt sind, so folgt aus unseren Versuchen, dass das einem solchen Markzentrum vorgeordnete motorische Element dort in der Region gelegen ist, wo sich das motorische Element befindet, welches den ersten bei der Tätigkeit des Markzentrums in Aktion tretenden Muskel mittels des Muskelzentrums beherrscht. Darüber hinaus erscheinen unsere Ermittlungen unabhängig von der Entwicklung, welche die Lehre vom Rückenmark weiter nimmt.

dieser Ströme variiert oder die Intensität der Ströme ein wenig erhöht und wieder erniedrigt.

Durch die Mitbenutzung eines Verfahrens der letzteren Art ist die Untersuchung der Armregion des Affen an der Konvexität der Hemisphäre seitens der HH. Beevor und Horsley¹⁾ unter den vorliegenden Untersuchungen²⁾ zu den besten Ergebnissen gelangt. Es wurde gefunden: dass die Bewegungen der grösseren Glieder von der oberen, die kleineren und differenzierteren Bewegungen von der unteren Partie der Region herbeizuführen sind; dass die Glieder in der Reihenfolge Oberarm, Vorderarm, Hand und Finger bei Reizung der obersten und in der umgekehrten Reihenfolge bei Reizung der untersten Partie der Region in Bewegung kommen, während bei Reizung der mittleren Partie die Reihe der Bewegungen an Vorderarm oder Hand beginnt; und dass die mehrerlei Bewegungen jedes Gliedes in bestimmter Reihenfolge auftreten, wenn der Reizungsort von oben nach unten wechselt, der Oberarm erst vorgeführt, dann abduziert, dann nach aussen rotiert, endlich adduziert wird usw. Die HH. Beevor und Horsley setzen in ihrer Zusammenfassung der Ergebnisse noch hinzu, dass die Muskeln des Armes fortschreitend von oben nach unten in der konvexen Oberfläche der Hemisphäre repräsentiert sind in der Ordnung ihrer Grösse und der Glieder, welche sie bewegen: in der Ordnung Oberarm, Vorderarm, Hand, Finger, Daumen³⁾. Aber wenn sie sich damit auch im Ausdruck dem nähern, was oben ermittelt wurde, so sind sie doch von jeder derartigen Vorstellung weit entfernt. Sie erklären ausdrücklich, dass sie in der primären Bewegung, d. h. derjenigen Bewegung, welche als erste der Reizung folgt, die Bewegung sehen, welche vor allen anderen an der gereizten Stelle der Rinde repräsentiert ist, in Uebereinstimmung mit Hrn. Hughlings Jacksons Anschauung, dass die Lokalisation im Hirn überhaupt eine stufenweise Repräsentation mehrerer Bewegungen und nicht die enge Abgrenzung einer einzelnen ist⁴⁾. Dementsprechend stellen sie es auch als ein Ergebnis ihrer Untersuchung hin: dass es keine absolute Grenzlinie zwischen dem Lokalisationsfelde der einen und dem

1) Philos. Transact. of the R. Soc. of London **178**. (1887), B, 153f.

2) S. besonders: E. A. Schäfer, Beiträge zur Physiologie, Festschrift für C. Ludwig. Leipzig 1887. — Horsley and Schäfer, Philos. Transact. **179**. (1888), B, 1 f.

3) A. a. O. S. 166.

4) A. a. O. S. 162: We employ throughout our paper this expression — Primary Movement — in a very definite sense, namely, to express that movement which is represented above all others at one particular spot in the cortex. This use of the expression is in harmony with Dr. Hughlings Jackson's view, viz., that cerebral localisation is in the main a matter of degree of representation of several movements, and not the close limitation of any one.

der anderen Bewegung in der Rinde gibt; indem jede Bewegung einen Mittelpunkt grösster Repräsentation hat und diese sich stufenweise in die umgebende Rinde hinein abschattiert¹⁾.

Nach meinen Erfahrungen sind bei Reizung mit schwächsten Strömen an der Armregion des Affen nächst der medialen Grenze (Schulter- und) Oberarmbewegungen und bei fortschreitender Annäherung an die laterale Grenze Vorderarm-, dann Hand-, dann Fingerbewegungen, ebenso an der Beinregion in der Richtung von medial vorn nach lateral hinten Oberschenkel-, Unterschenkel-, Fuss-, Zehenbewegungen die alleinigen Folgen oder wenigstens die Anfangsbewegungen, d. h. die Bewegungen, mit welchen der zur Beobachtung kommende Erfolg anhebt, und an welche sich die Bewegungen anderer Glieder als Folgebewegungen anreihen. Bei den Prüfungen im Bereiche der lateralen Partie der Arm- wie der Beinregion folgt allermeist der schwächsten Reizung von kurzer Dauer ausschliesslich die Bewegung des einzelnen Gliedes, selbst des einzelnen Fingers, bei der einen Reizstelle eine Beugung, bei der anderen eine Streckung; und je mehr man die Reizung andauern lässt oder verstärkt, desto mehr von den anderen Gliedern der Extremität geraten mit in Bewegung in der Reihenfolge, wie die Glieder an das erstbewegte sich anschliessen. Bei den Prüfungen im Bereiche der medialen Partie verbinden sich öfters schon bei der schwächsten und kurzdauernden Reizung und regelmässig bei länger dauernder und stärkerer Reizung mit der Bewegung von Schulter oder Oberarm bez. Oberschenkel Bewegungen der nächsten oder sogar aller unteren Glieder der Extremität; aber hin und wieder erfolgt bei der schwächsten und kurzdauernden Reizung Vor- oder Rückwärtsführung, Ab- oder Adduktion des Armes bez. Beines ohne jede aktive Beteiligung der unteren Glieder vom Vorderarme bez. Unterschenkel an, die bloss passiv mitgeführt werden. Und in alledem gibt sich uns sogleich die gefundene Anordnung der motorischen Elemente zu erkennen, die ja nebst den nächsten Strecken der mit ihnen zusammenhängenden Nervenfasern der Reizung unterliegen²⁾. Da die motorischen Elemente nicht bloss mit Muskelzentren, sondern auch mit Markzentren in Verbindung stehen und ferner durch Anastomosen (Assoziationsfasern) innerhalb der Region mit einander verbunden sind, versteht es sich nur zu gut, wie es zu den Folgebewegungen kommt, und lassen sich lediglich aus den Anfangsbewegungen als den unmittelbaren Folgen der Erregung der von der Reizung be-

1) Ebenda S. 166: there is no absolute line of demarcation between the area of localisation in the cortex of one movement and that of another; each movement having a centre of maximum representation, this gradually shading off into the surrounding cortex.

2) Vergl. Grosshirnrinde 311.

troffenen motorischen Elemente, ebenso wie aus den Bewegungen einzelner Glieder, die Muskeln entnehmen, welche von den gereizten motorischen Elementen mittels der Muskelzentren beherrscht werden. In dem Unterschiede der Erfolge an der lateralen und der medialen Partie findet aber sichtlich Ausdruck, dass die letztere durch die Verbindung mit den Markzentren ausgezeichnet ist, so dass im Falle der Reizung medialer Stellen schon mehrere oder alle Glieder der Extremität in Bewegung kommen können, ohne dass die Erregung unter den motorischen Elementen der Region sich ausbreitet. Dafür dass die motorischen Elemente der Region durch Anastomosen zusammenhängen, lassen sich noch die klonischen Krämpfe heranziehen, welche nach häufigen und längeren Reizungen der lateralsten Partie der Bein- und besonders der Armregion als Nachwirkung einer neuen Reizung zuerst an den Zehen- bez. Fingermuskeln sich einstellen und in regelmässigem Fortschritt von Glied zu Glied Muskeln höherer Glieder befallen.

Beim Hunde kommen die letzteren Krämpfe öfter zur Beobachtung, sobald man an der hintersten Partie der Vorderbeinregion viele Reizungen vornimmt, und hier habe ich sie auch, wenn sie eben bis zum Oberarm sich entwickelt hatten, durch die rasche Exstirpation der vorderen Partie der Region wieder auf die Zehen oder die Zehen und den Fuss einschränken können¹⁾. Uebertreibt man die Reizungen nicht, so haben schwächste und kurzdauernde Reizungen jener hintersten Partie regelmässig Bewegungen der Zehen allein zur Folge, an mehr medial nahe vor dem Sulcus coronalis gelegenen Stellen Streckung, an mehr lateral gelegenen Beugung aller Zehen; bei stärkerer oder längerer Reizung treten der Reihe nach Fuss-, Vorderarm-, Oberarmbewegungen hinzu. Weiter vorn in grösserem Abstände vom Sulcus coronalis ausgeführte schwächste und kurze Reizungen liefern meist Fuss- und Zehenbewegungen, hin und wieder Fussbewegungen allein. Reizungen im Bereiche der vorderen Partie der Vorderbeinregion haben dieselben Erfolge, wie die Reizungen im Bereiche der medialen Partie der Armregion des Affen; höchstens kommen die Bewegungen des Armes, bei welchen die unteren Glieder rein passiv mitgeführt werden, seltener vor. Bewegungen des Vorderarms habe ich nicht für sich allein und auch nicht mit Sicherheit als Anfangsbewegungen den Reizungen folgen sehen. Es ist also beim Hunde alles wie beim Affen, nur dass beim Hunde die alleinige Bewegung eines Gliedes nicht für jedes Glied und im ganzen seltener durch die Reizung herbeizuführen ist.

Eine gleichsinnige Verschiedenheit haben die HH. Beevor und

1) Vergl. meine Versuche in: C. Wernicke, Lehrbuch der Gehirnkrankheiten. Bd. I. Kassel 1881. 240—1.

Horsley zwischen den Makaken oder dergleichen niederen Affen, an welchen ihre und unsere Versuche angestellt sind, und einem Orang-Utan, den sie zum Vergleiche untersuchten, gefunden¹⁾. Beim Orang folgte der sehr schwachen Reizung in der Regel die Bewegung eines einzigen Gliedes — dabei zuweilen bei dem Wechsel der Reizstelle hier eine Beugung, dort eine Streckung usw. — und schlossen sich seltener der Anfangsbewegung eines Gliedes Folgebewegungen der anderen Glieder an. Die HH. Beever und Horsley haben darin gemäss ihrer Anschauung, nach welcher jede Bewegung ein grösseres Repräsentationsfeld in der Rinde haben sollte mit einem Maximum in der Mitte und einem Minimum an der Peripherie und die Repräsentationsfelder verschiedener Bewegungen übereinandergreifen sollten, eine Einschränkung oder engere Begrenzung (limitation) der Repräsentation jedes einzelnen Gliedes gesehen und damit eine Vervollkommnung der Repräsentation, die den grossen Fortschritt in der funktionellen Entwicklung der Rinde des Orangs über die des *Macacus* hinaus zeigen sollte²⁾. Die beobachtete Verschiedenheit findet aber ihre einfache Erklärung durch die verschiedene Erregbarkeit der geprüften Rinde. Denn diese ist, wie die Reizversuche ergeben, am grössten beim Hunde, kleiner beim *Macacus*, noch kleiner³⁾ beim Orang; und daher muss die Erregung von der gereizten Stelle aus am schwersten beim Orang, leichter beim *Macacus* und noch leichter beim Hunde sich über die Rinde verbreiten oder, wie wir genauer sagen können, von den von der Reizung betroffenen motorischen Elementen aus durch die Anastomosen andere motorische Elemente der Region in Erregung setzen. Tut ja auch die allbekannte Tatsache, dass durch elektrische Reizung viel eher und rascher beim Hunde epileptische Anfälle entstehen, als beim *Macacus*, die grössere Erregbarkeit der Rinde des Hundes und die leichtere Ausbreitung der Erregung in derselben dar⁴⁾. Als ein begünstigendes Moment mag noch hinzukommen, dass die der Extremität zugeordnete Region absolut und erst recht im Verhältnis zur Körper- oder Grosshirn-Grösse beim *Macacus* wesentlich ausgedehnter ist als beim Hunde. Allerdings muss beim *Macacus* der grösseren Zahl der

1) Phil. Transact. of the R. Soc. of London **181**. (1890), B, 129f.

2) A. a. O. S. 145: the extreme paucity of such combinations shows more clearly than words to what a remarkable extent the representation of each individual segment is integrated in the cortex of the Orang. Too much stress cannot be laid upon this point since it demonstrates incontestably the great advance in evolution of function of the Orang's cortex above that of the *Macaque*.

3) Nach den Erfahrungen von Beever und Horsley a. a. O. S. 133.

4) Nach Beever und Horsley (a. a. O. S. 155—6) scheint es auch beim Orang schwerer zu epileptischen Anfällen infolge der elektrischen Reizung zu kommen, als beim *Macacus*.

Extremitätenmuskeln, welche für sich allein willkürlich tätig werden können — man braucht nur an die Bewegungen der einzelnen Finger gegenüber der Gesamtbewegung der Zehen beim Hunde zu denken —, eine grössere Zahl der motorischen Elemente der Region entsprechen, welche mit Muskelzentren in Verbindung stehen; aber trotz der grösseren Zahl könnten die motorischen Elemente beim *Macacus* doch in grösserem Abstände von einander liegen, als beim Hunde: und dann würde, dass beim Hunde seltener der Reizung die Bewegung eines einzigen Gliedes folgt, auch darin begründet sein, dass hier seltener gerade diejenigen motorischen Elemente allein von der elektrischen Reizung betroffen würden, welche mit den Muskelzentren der ein einzelnes Glied bewegend Muskeln in Verbindung stehen, und dass alle Anastomosen zwischen den motorischen Elementen der Region von geringerer Länge wären.

VII.

Ueber den Hund ohne Grosshirn.

(Verhandl. der Berl. Physiol. Ges. 1893/94. No. 10; Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1894. 355—69).

Während man bis vor kurzem bloss grosshirnlose Vögel für lange Zeit und niedere Säugetiere, Kaninchen, Meerschweinchen, Ratten, durch 2 bis 4 Tage nach der Abtragung des Grosshirns hatte beobachten können, ist es Hrn. Goltz bei seiner fortgesetzten Steigerung der Grosshirn-Verstümmelungen schliesslich auch gelungen, Hunde, welchen das ganze Grosshirn entfernt war, lange am Leben zu erhalten. Einen Hund, der 18 $\frac{1}{2}$ Monate ohne Grosshirn lebte, hat er ausführlich beschrieben, über zwei andere Hunde, welche 51 und 92 Tage lebten, hat er Bemerkungen hinzugefügt¹⁾. Mittels der Beobachtungen an diesen Hunden will Hr. Goltz die Legenden und Schulansichten über das Grosshirn in unseren Lehrbüchern der Physiologie, die Traumvorstellungen und Vorurteile in der nicht mehr zu bewältigenden Litteratur über die Grosshirnzentren gründlich abgetan haben. Was er von unserer bisherigen vermeintlichen Einsicht in das Grosshirn übrig lässt, ist bei seiner mehr auf blendende Unterhaltung als auf Ordnung und Strenge abzielenden Darstellungsweise nicht scharf zu übersehen, dürfte aber kaum über das hinausgehen, was aus seinen Angaben zu entnehmen ist, dass der Hund ohne Grosshirn alle die Aeusserungen vermissen lässt, aus welchen wir auf Verstand, Gedächtnis, Ueberlegung und Intelligenz des Tieres schliessen, dass er die Sinne nicht zu einem verständigen Handeln zu verwerten vermag, und dass er keinen Ausdruck der Freude, keine Aeusserung des Neides und der Missgunst kennt. Beiläufig lässt er die Bemerkung einfließen, dass er der Frage nach der Lokalisation der Verrichtungen des Grosshirns ja durchaus nicht grundsätzlich gegenüberstehe; sie müsse durch brauchbare Ausschneidungsversuche gefördert werden; wie zunächst mit der Ausschaltung ganzer Hirnappen vorzugehen sei, habe er selbst zu zeigen begonnen. Und diese seine Darlegung, welche unzählige experimentelle Bemühungen um das Grosshirn, von den klinischen Er-

fahrungen ganz zu schweigen, kurzweg als verfehlt und nutzlos hinstellt, nennt er das anmutigste obere Stockwerk des Forschungsgebäudes, das er in 16 Jahren aufgerichtet habe!

Vergebens suche ich nach diesem Forschungsgebäude. Ich finde in den 16 Jahren von Hrn. Goltz die mannigfaltigsten Grosshirn-Verstümmelungen ausgeführt und die mannigfaltigsten Störungen der verschiedenen Leistungen des Grosshirns, mannigfaltig in Bezug auf Grösse und Kombination, beobachtet; und mittels dieser Beobachtungen sehe ich fast alles, was andere Untersuchungen der Neuzeit über das Grosshirn ergaben, bestritten. Aber von einem Aufbau, von einer wirklichen Förderung unserer Einsicht in das Grosshirn sehe ich nichts; und dass ich nicht irre, dafür liefert den besten Beweis Hr. Goltz selbst mit dem, was er, wie ich anführte, als seine zeitige Kenntniss vom Grosshirn hinstellt. Zu Unrecht hat auch Hr. Goltz nochmals den Vorwurf erhoben, dass man sich leichten Herzens über seine früheren Beobachtungen hinweggesetzt habe; denn beachtet hat man diese Beobachtungen eher zu viel, als zu wenig, man hat sie nur immer hinsichtlich der Fragen nach den Leistungen der Teile des Grosshirns für unbrauchbar erklären müssen, weil seine Versuchsmethodik fehlerhaft, seine Verstümmelungen in Ausdehnung und Begrenzung unzweckmässig waren. Ehren wir jetzt seine Beobachtungen am grosshirnlosen Hunde, wie er es verlangt, so stellt sich nur wiederum heraus, dass nicht im mindesten das aus ihnen hervorgeht, was Hr. Goltz glaubt und durch seine Darstellung Andere zu glauben verleiten mag.

Je mehr Hr. Goltz die Dinge durch einander mischt, und je geflissentlicher er wiederholt seine neuen Beobachtungen den Lehren seiner Gegner, der Verfechter der umschriebenen Grosshirnzentren, wie er sie nennt, widersprechen lässt, desto mehr ist vor allem hervorzuheben, dass an Tieren ohne Grosshirn keinerlei Auskunft darüber zu gewinnen ist, ob und wie die verschiedenen Leistungen des Grosshirns an verschiedene Teile desselben gebunden sind, und damit klarzustellen, dass die hierüber vorliegenden Ermittlungen im grossen und ganzen gar nicht durch die neuen Goltzschen Beobachtungen in Frage gestellt sein können. Höchstens Einzelheiten an diesen Ermittlungen würden zu berichtigen sein, wenn wirklich, wie Hr. Goltz meint, von seinen Gegnern Teilen des Grosshirns Leistungen zugeschrieben wurden, welche dem Grosshirn überhaupt nicht zukommen. Die Fehler sieht Hr. Goltz einerseits bezüglich solcher Leistungen begangen, welche man von altersher, mindestens seit Flourens allgemein dem Grosshirn zuerkannt hat, andererseits bezüglich derjenigen Leistungen, welche ich selbst in neuerer Zeit auf Grund meiner Versuchsergebnisse dem Grosshirn zuweisen musste. Ich bin deshalb zur Prüfung der Goltzschen Behauptungen besonders befugt,

und ich will vor Ihnen untersuchen, ob die Beobachtungen am grosshirnlosen Hunde jene Fehler dartun oder nicht.

Das Grosshirn der höheren Wirbeltiere gilt als das Organ, an welches alle Bewusstseinserscheinungen, alle Bewusstseinsvorgänge gebunden sind. Das ist nicht richtig nach Hrn. Goltz. Denn der Hund ohne Grosshirn ist nur tiefblödsinnig; er hat Hunger und Durst, er empfindet Befriedigung, wenn man ihn füttert, Behagen, wenn man einen leckeren Bissen reicht, er wird unwillig, verdriesslich, ärgerlich, wenn man ihn zerrt, er gerät in Zorn und Wut, wenn man ihn noch gröber angreift; und wie er den mannigfachen Empfindungen und Stimmungen durch verschiedenartige Bewegungen, insbesondere durch die Stimme Ausdruck gibt, so wird er auch überhaupt durch Tast- und andere Sinnesreize, wenngleich nicht zu verständigem oder zielbewusstem oder methodischem, doch zu zweckmässigem Handeln veranlasst. Aber dieser Widerspruch beruht, wie man bei näherem Zusehen erkennt, auf nichts anderem, als dass Hr. Goltz in seiner Schilderung des grosshirnlosen Hundes diesen freigebig mit Gefühlen und Affekten, wie mit Willen ausstattet; irgendein Beweis wird nicht erbracht, Hr. Goltz glaubt immer nur, was in ihrer Unbefangenheit die Diener seines Institutes glauben. Nebenbei erklärt dann Hr. Goltz, dass er keinen Wert darauf lege, für die Meinung, dass Hunde ohne Grosshirn noch mannigfache Empfindungen haben, Anhänger zu gewinnen, und den nicht stören wolle, dem es wissenschaftlicher scheint, den grosshirnlosen Hund einen empfindungslosen Automaten zu nennen. Ja, man hört sogar zum Schlusse der Abhandlung, dass die berichteten Tatsachen immer wieder zu der Bezeichnung drängen, dass der grosshirnlose Hund sich wie eine verwickelte Reflexmaschine verhält; bei Lichte betrachtet sei aber mit dieser Bezeichnung nichts gewonnen: es sei unmöglich, zwischen sogenannten willkürlichen und reflektorischen Bewegungen scharf zu unterscheiden, und es könne dem persönlichen Ermessen überlassen bleiben, ob diese oder jene Gruppe der mit Notwendigkeit erfolgenden Bewegungen als reflektorisch anzusehen oder denen anzureihen sei, die wir willkürlich nennen. Verwundert muss man darnach fragen, wozu der Widerspruch erhoben und vollends durch die gesamte Schilderung des Hundes gewaltsam hervorgekehrt ist: seinetwegen die wohlbegründeten „Schulansichten“ aufzugeben, kann man sich nicht veranlasst sehen.

Der Widerspruch verlangt jedoch noch eine andere Betrachtung. So wenig Hr. Goltz die Empfindungen, Stimmungen usw. des grosshirnlosen Hundes beweist, so wenig sind wir imstande, den Gegenbeweis zu führen, und deshalb, könnte man meinen, liesse sich an seiner Schilderung nicht Anstoss nehmen, zumal da man doch oft genug liest, dass sogar dem Baum, dem Stein, ja aller Materie Bewusstsein zukommt. Aber was

würden Sie sagen, wenn ich Ihnen in der Goltzschen Weise vom Hunde mit querdurchschnittenem Rückenmark erzählen wollte, dass der vom Hirn befreite hintere Teil des Hundes in seiner Selbständigkeit, wenn ich leicht gegen die Zehennägel stosse, unwillig mir die Beine entgegenstreckt, wenn ich eine Zehe drücke, vor Schmerz das Bein zurückzieht, wenn ich die Zehe quetsche, zornig mit dem zweiten Beine gegen meine Hand stösst, wenn ich das Tier frei in die Luft erhebe, freudig mit den Beinen zappelt usw.? Sie würden lächelnd mir entgegenhalten, dass, was die naturphilosophische Spekulation sich erlauben darf, ganz beliebige Annahmen zu machen, der Naturforschung nicht gestattet ist, die, wo sie über die Beobachtungen hinausgeht, auf die notwendigen und einfachsten Annahmen sich zu beschränken hat. Sie würden sich dabei in Uebereinstimmung mit Hrn. Goltz befinden, freilich mit dem Goltz vor 25 Jahren, der noch nicht fanatisch die Lokalisation bekämpfte. „Wir huldigen damit“, sagte er damals²⁾, „dem Satz, der die Grundlage aller menschlichen Forschung bilden muss, dass wir nur das für zuverlässig vorhanden ansehen können, dessen Dasein untrüglich bewiesen ist“. Und wie für unseren Zweck geschrieben heisst es weiter: „Dem Leser wird diese Auseinandersetzung überflüssig erscheinen, aber sie ist es nicht, weil gerade in neueren physiologischen Schriften öfters Behauptungen aufgestellt sind, die nicht bewiesen werden. Dafür wird dem Freunde nüchterner Forschung zugemutet, er solle die Irrtümlichkeit jener Behauptungen nachweisen. So hat man z. B. verlangt, man solle Gründe dafür angeben, dass ein Tierbruchstück keine Empfindung und also keine Seele hat, während man umgekehrt den positiven Beweis führen soll.“ Nicht anders aber, als beim Hunde mit durchschnittenem Rückenmark, ist die Sachlage beim Hunde ohne Grosshirn. Drängen ja nach Hrn. Goltz' eigenem Ausspruche, wie wir sahen, die Tatsachen immer wieder dazu, auch diesen Hund als eine verwickelte Reflexmaschine aufzufassen. Natürlich wird entsprechend dem Mehr an Zentren, welche im Zusammenhange geblieben sind, die Maschine jetzt zu umfassenderen Leistungen befähigt sein, als im ersteren Falle; und es ist deshalb nicht zu verstehen, wie Hr. Goltz eine Schwierigkeit darin findet, dass der grosshirnlose Hund, wenn man seine Haut immer stärker drückt, schliesslich auch reflektorisch unter Krümmung der Wirbelsäule zubeisst: man mag den Reflex nicht einfach nennen, aber verwickelter ist er jedenfalls nicht, als z. B. die Kratzbewegungen oder das Taktschlagen des Hundes mit querdurchschnittenem Rückenmark. Ebenso sind die besonderen Bewegungen, welche vor der Kotentleerung oder bei Verzögerung der Fütterung an grosshirnlosen Tieren auftreten, als reflektorische Folgen innerer Reizungen so leicht zu begreifen, dass man sie nie anders angesehen hat, seit sie Flourens zuerst an der Taube

beobachtete. Die Nervenphysiologie, wenn sie anders eine Naturwissenschaft sein soll, darf daher in dem grosshirnlosen Hunde lediglich einen empfindungslosen Automaten sehen und kann der eigenartigen Auffassung, welche der Goltzschen Schilderung zugrunde liegt, nicht nur nicht, wie Hr. Goltz es zum mindesten erstrebt, die gleiche, sondern überhaupt gar keine Berechtigung zuerkennen.

Einer eingehenderen Behandlung bedarf die andere Frage, auf welche es mir hauptsächlich heute ankommt, ob die Goltzschen Beobachtungen es als unrichtig dartun, was ich lehrte, dass nicht erst die Sinneswahrnehmungen und Sinnesvorstellungen, wie man bis dahin glaubte, sondern schon die elementaren Sinnesempfindungen, die Lichteinpfundung, die Schallempfindung usw., an das Grosshirn gebunden sind.

Sie kennen den langen leidenschaftlichen Kampf, welchen Hr. Goltz gegen meine Ermittlung führte, dass der Verlust der als Sehsphäre bezeichneten Hinterhauptslappen-Rinde, wenn er einseitig erfolgt, Hemipie, wenn beiderseitig, volle Rindenblindheit mit sich bringt. Zuerst sollte darin nicht ein Körnlein Wahrheit sein, zuletzt spitzte sich der Widerspruch darauf zu, dass der Hund ohne Hinterhauptslappen wohl den äussersten Grad von Hirnsehschwäche zeige, nicht aber blind sei. Blind, hatte Hr. Goltz erklärt³⁾, nenne er ein die Augen besitzendes Tier nur dann, wenn seine Handlungen in keiner Weise durch die Netzhautbilder bestimmt (beeinflusst und geregelt) werden: und sein Musterhund ohne Hinterhauptslappen vermied meistens gut die im Wege stehenden Hindernisse und stiess nur selten an; er weigerte sich ferner nach Verschluss der Augen zu gehen und suchte die Bedeckung abzureissen; er wich endlich — und das galt Hrn. Goltz als der wichtigste Versuch — eingebildeten Hindernissen aus, z. B. einem hellbeleuchteten Streifen auf dem Fussboden. An diesem Musterhunde waren, wie ich dartun konnte⁴⁾, die Sehsphären nicht vollkommen entfernt, ihre vordersten Partien erhalten geblieben.

Jetzt finden wir wieder den Hund, der das ganze Grosshirn verloren hatte, von Hrn. Goltz für nicht blind erklärt. Sie erwarten, dass dieser Hund die Erscheinungen der äussersten Hirnsehschwäche dargeboten hat, wie jener Musterhund. Mit nichten. Zahllose Versuche, gemacht, um zu erproben, wie weit Lichteindrücke das Tun des Tieres bestimmen, haben ausser dem Pupillarreflexe nur ergeben, was zuerst 5 Monate nach der vollständigen Abtragung des Grosshirns ermittelt wurde, dass der Hund die Augen schloss, wenn man, während er im Finstern dasass, plötzlich das grelle Licht einer Blendlaterne auf ihn richtete, und in seltenen Fällen dann den Kopf zur Seite wendete. Dass irgendein Gesichtseindruck die Art oder Richtung seiner Körperbewegungen bestimmt hätte, dass er mit Hülfe des Gesichtssinnes in den Weg gestellte

Hindernisse vermieden hätte, war nicht zu beobachten. Also hatte Hr. Goltz, soweit der Gesichtssinn in Frage kommt, am grosshirnlosen Hunde das Verhalten wiedergefunden, das ich von dem der Sehsphären beraubten Hunde angegeben hatte, und stimmten, abgesehen davon, dass ich vom Blinzeln nichts erwähnt hatte, die Erfahrungen an beiderlei Hunden vollkommen überein. Auch war, was Hr. Goltz zu bemerken unterlassen hat, seine Lehre⁵⁾, dass die Fähigkeit, bei der Fortbewegung des Körpers mit Benutzung der Augen Hindernisse zu vermeiden, beim Hunde, wie beim Frosche, eine Funktion der hinter dem Grosshirn gelegenen Hirnteile sei; durch seine eigenen Versuche widerlegt. Aber nunmehr war für Hrn. Goltz ein „Beweis von Wiederkehr des Sehvermögens“ geworden, dass „grelles Licht die Aeusserung einer unangenehmen Blendung hervorbrachte“. „Blind“, sagt er, „war der Hund jedenfalls nicht; denn man darf ein Tier nicht blind nennen, welches einem grellen Lichtreiz preisgegeben die Augen schliesst.“ So sehen wir neuerdings auf das Blinzeln eine alleräusserste Hirnsehschwäche aufgebaut und müssen diesem Blinzeln unsere Aufmerksamkeit zuwenden.

Schon die tatsächliche Angabe, wie Hr. Goltz sie macht, darf Bedenken unterliegen. An Vögeln und niederen Säugetieren, deren Grosshirn entfernt war, ist bei den neueren Untersuchungen meines Wissens nie ein Schliessen der Augen auf grelle Beleuchtung bemerkt worden; und die gegenteiligen Angaben einzelner älterer Untersucher lassen sich ungezwungen auf Täuschungen zurückführen, hervorgerufen bei den Vögeln durch unvollkommene Exstirpation, bei den niederen Säugetieren durch die öfteren Blinzelmovements, welche hier zu gewissen Zeiten auch ohne jeden ungewöhnlichen Lichtreiz aus unbekannter Ursache auftreten. Hunde und Affen, welche durch die Abtragung der Sehsphären vollkommen rindenblind oder durch ähnliche Grosshirn-Verstümmelungen nahezu blind gemacht waren, haben nie, auch nicht wenn sie Jahr und Tag am Leben blieben, auch nicht soweit Hr. Goltz selber sie untersuchte, ein Blinzeln auf grelle Beleuchtung gezeigt; ebensowenig Menschen, welche durch Erkrankung der Hinterhauptslappen keine Spur von Lichtempfindung mehr besaßen oder fast ganz das Sehvermögen verloren hatten. Demnach war das Blinzeln des grosshirnlosen Hundes ein auffälliges, von allen sonstigen Erfahrungen abweichendes Prüfungsergebnis, welches mit besonderer Sorgfalt sichergestellt werden musste. Aber nichts sehen wir in der Richtung von Hrn. Goltz getan, mit einer verwunderlichen Kürze geht er gerade über diese Beobachtung hinweg, mehr ist nicht gesagt, als was ich vorhin anführte. Indem man so gar nichts darüber erfährt, wie oft die Prüfungen angestellt wurden und wie regelmässig der Erfolg eintrat, wie sonst etwa Täuschungen durch das zufällige Zusammentreffen von Augenlidbewegungen und Belichtung ver-

hütet wurden, ob Lidkrampf zur Beobachtung kam, wie die Fehlerquelle der Wärmestrahlung ausgeschlossen war usw., kann man sich des Zweifels an der tatsächlichen Richtigkeit der Goltzschen Angabe nicht entschlagen.

Doch mag es richtig sein, dass der grosshirnlose Hund auf grellen Lichtreiz blinzelt. Wir sind dann vor die Frage gestellt, auf welchen zentripetalen Bahnen der nervöse Vorgang bei solchem Blinzeln abläuft, ob wir dabei mit einer Reizung des Trigeminus oder des Opticus es zu tun haben. Dass Hr. Goltz von der „unangenehmen Blendung“ spricht, gibt dem Ausdruck, dass nach den Erfahrungen, die wir an uns selber machen, mit der Blendung ein Unlustgefühl verbunden ist, das sich bis zum Schmerze steigern kann. Aus diesem Grunde sind es nach Brücke⁶⁾ Trigeminus- und nicht Opticusfasern, in welchen die Erregung zentralwärts läuft, und ist der Trigeminus ebenso bei grellem Lichte, wie bei Berührung der Conjunctiva, gewissermassen als Wächter des Auges hingestellt, indem er Schädlichkeiten von demselben durch den plötzlichen Verschluss der Augenlider, den er hervorruft, fernhält. Und Brücke müssen alle diejenigen folgen, welche mit Joh. Müller und Hrn. v. Helmholtz die Qualität aller durch Opticusfasern vermittelten Empfindungen in den Kreis der Lichtempfindungen gehören lassen. Man brauchte darum keineswegs anzunehmen, dass Enden von Ciliarnervenfasern lichtempfindlich seien; denn die Reizung könnte durch die chemischen oder morphologischen Veränderungen erfolgen, welche durch das Licht im Auge herbeigeführt werden. Läuft nun, wenn auf grellen Lichtreiz das Auge sich schliesst, die Erregung zentralwärts im Trigeminus, so liegt in der Goltzschen Beobachtung bloss ein Reflex vom Trigeminus auf den Facialis vor, und von einer Folgerung in Bezug auf den Gesichtssinn kann keine Rede sein.

Aber wenn wir auch annehmen, dass die starke Erregung aller Sinnesnerven zu Schmerzempfindung führen kann, und im Falle des Blinzeln auf grellen Lichtreiz bloss Opticusfasern die Erregung zentralwärts leiten lassen, ist für die Hirnsehschwäche des grosshirnlosen Hundes nichts gewonnen. Da in den Corpora quadrigemina, im Corpus geniculatum externum, im Pulvinar, welche die Opticusfasern auf dem Wege vom Auge zum Grosshirn durchsetzen, diese Fasern durch die Ganglienzellen mit zentrifugalen Nervenbahnen in Verbindung stehen, so ist die Möglichkeit gegeben, dass die Erregung von Opticusfasern ohne jede Beteiligung von Sinnesvorgängen reflektorische Bewegungen herbeiführt; und solche gemeinen Reflexe werden dadurch in ihrem Wesen sicher zu erkennen sein, dass sie zwar in der Norm zugleich mit Lichtempfindungen auftreten, unter Umständen aber, wenn höhere Hirnteile untergegangen oder zeitweilig ausser Tätigkeit sind, für sich allein vorkommen. Daher

können Vorgänge, wie die Pupillenverengung und der Augenschluss auf Lichtreiz, an sich nie, auch nicht bei dem irgendwie verstümmelten Tiere, im entferntesten beweisen, dass eine Lichtempfindung entsteht. Wohl aber kann es umgekehrt sich beweisen lassen, dass jene Vorgänge, welche auf grund der einfachsten Annahmen nur als gemeine Reflexe vom Opticus auf den Oculomotorius bzw. den Facialis aufzufassen sind, wirklich mit Lichtempfindungen nichts zu schaffen haben. Solcher Beweis liegt denn auch für den Pupillarreflex schon lange darin vor, dass an Hunden und Affen, welche durch den Verlust der Sehsphären rindenblind waren, wie auch an Menschen, welche infolge der durch Erkrankung herbeigeführten Ausschaltung der Sehsphären keine Lichtempfindung mehr hatten, der Pupillarreflex fortbestand. Und durch das Blinzeln des grosshirnlosen Hundes, bei welchem nach Hrn. Goltz' eigener Aussage nichts sonst Lichtempfindung verriet, ist jetzt derselbe Beweis bezüglich des Blendungsreflexes geführt, wenn die Annahmen zutreffen, unter welchen unsere jetzigen Erörterungen stehen. Das ist so einfach und klar, dass man es schwer versteht, wie Hr. Goltz, der den ersteren Beweis stillschweigend anerkannte, indem er den Pupillarreflex des grosshirnlosen Hundes nicht für das Sehen verwertete, doch das Blinzeln dieses Hundes für einen Beweis von Sehvermögen ausgeben konnte, obwohl die beiden Vorgänge bloss der hier gleichgültige Umstand unterscheidet, dass die in Tätigkeit gesetzte Muskulatur das eine Mal auch willkürlich erregbar ist, das andere Mal nicht; man muss die Befangenheit in Anschlag bringen, mit welcher Hr. Goltz die letzte Karte der verlorenen Partie betrachtete. Hat er ja auch, indem er aus dem Blendungsreflex, den alle Lehrbücher mit dem Niesen, Husten, Schlingen usw. zusammenstellen, die Aeusserung einer unangenehmen Blendung machte, nicht bedacht, dass, was dem unversehrten Hunde mit normaler Gehirnsehstärke eine schmerzhaftige Blendung verursacht, am grosshirnlosen Hunde mit alleräusserster Hirnsehschwäche nicht mehr als eine angenehme Lichtempfindung hervorrufen durfte.

Man mag also die Goltzsche Blinzel-Beobachtung ansehen wie man wolle, so war der Hund ohne Grosshirn, wie es nach meinen Ermittlungen über die Sehsphären zu erwarten stand, blind, vollkommen blind. Da lassen sich keine Ausflüchte mehr machen, auch nicht bezüglich des Umfanges der Verletzung. Allerdings bestand am Goltzschen Hunde nach der Edingerschen Untersuchung die Nebenverletzung, dass linkerseits das Corpus geniculatum externum, der Opticus, das Ganglion der Gitterschicht, der laterale und ein Teil des ventralen Thalamuskernes durch den Schnitt entfernt waren. Aber darum wäre bei unversehrtem Grosshirn der Hund nur hemiopisch gewesen, für die linke Hälfte des Gesichtsfeldes hätte er das normale Sehvermögen behalten: und dass er

gar keine Lichtempfindung mehr hatte, verschuldete die Abtragung des Grosshirns. Dass die optischen Zentren unterhalb des Grosshirns funktionierten, bewiesen gerade der Pupillarreflex und, unter den gegebenen Voraussetzungen, der Blendungsreflex. Auf den letzteren Reflex möchte ich schliesslich noch die Aufmerksamkeit der Aerzte lenken. In der älteren Litteratur finden sich Fälle von vollkommener Amaurose verzeichnet, in welchen bei Fehlen jeder Lichtempfindung Photophobie bestand; aber derartige neuere, zeitgemäss untersuchte Fälle sind mir nicht bekannt geworden. Es ist zu wünschen, dass in der Folge in Fällen zentraler Sehstörungen möglichst oft neben dem Pupillarreflexe auch der Blendungsreflex der Prüfung unterzogen werde.

Auch gehört hat nach Hrn. Goltz der Hund ohne Grosshirn, während ich gefunden hatte, dass die beiderseitige Abtragung der als Hörsphäre bezeichneten Schläfenlappen-Rinde völlige Rindentaubheit mit sich bringt. Der Hund wurde durch anhaltendes starkes Geräusch aus dem Schlafe geweckt, am sichersten durch den fürchterlichen, ganz abscheulichen Ton eines kleinen Nebelhorns (Radfahrertrompete), sodann auch durch den Ton einer Pflöfe, der den hässlichen Ruf eines Hähers nachahmte: der Hund zuckte mit den Ohren, schüttelte mit dem ganzen Kopf und stand endlich manchmal auf; gelegentlich fuhr er sich auch bei anhaltendem Blasen des Nebelhorns mit der einen oder anderen Vorderpfote gegen das Ohr. Mit demselben Schütteln der Ohren und des Kopfes beantwortete er im wachen Zustande den entsetzlichen Lärm, wenn man das abscheuliche Nebelhorn (oder die Häherpflöfe?) längere Zeit ertönen liess. Höchstens machte er noch bei sehr lautem Anschreien eine ähnliche Kopfbewegung; sonst gingen Töne und Geräusche wirkungslos an ihm vorüber. „Gleichwohl“, sagt Hr. Goltz, „hörte er; denn er konnte ja durch Geräusche aus dem Schlafe geweckt werden und schien solche unangenehm zu empfinden, wenn er wach war.“ Und ein anderes Mal lesen wir, dass der Hund „bestimmt nicht taub“ war. Wir wollen zusehen, ob man dem beistimmen kann.

Zunächst scheint alles in Ordnung zu sein. Bei so starkem Schall, wie er erforderlich war, um eine Wirkung am grosshirnlosen Hunde beobachten zu lassen, konnte die Luftbewegung Hautnerven erregen, und deshalb wurde das Nebelhorn so gehalten, dass der aus seiner Schallöffnung dringende Luftstrom den Hund nicht traf. Dieses Auskunftsmittel braucht man nicht genügend zu finden bei dem anhaltenden entsetzlichen Lärm einerseits und der grossen Empfindlichkeit einzelner Teile der Körperoberfläche des Hundes andererseits, zumal da der Hund gerade äusserst heftig mit den Ohren und dem ganzen Kopf schüttelte, wenn man ihm einen schwachen Luftstrom gegen das Innere der Ohrmuschel blies. Man erfährt jedoch beiläufig einmal, dass der Hund die Ohren

selbst dann schüttelte, wenn das Nebelhorn im Nebenzimmer angeblasen wurde; und daraufhin kann man es ausser Zweifel sehen, dass in gewissen Fällen lediglich die Schallschwingungen zu den Bewegungen des Hundes Anlass gaben. Zudem lässt sich in den letzteren Bewegungen selbst noch eine besondere Gewähr für das Hören finden; denn jedermann weiss, dass, wenn ein Hund hört, vor allem Ohren und Kopf sich bewegen, und ebendies zeigte sich beim grosshirnlosen Hunde.

Aber bei der weiteren Betrachtung stellen sich die Dinge anders dar. Wenn ein Hund hört, spitzen sich die Ohren, und drehen sich Ohren und Kopf nach der Schallquelle hin, und solche Bewegungen waren am grosshirnlosen Hunde, falls er hörte, um so sicherer zu erwarten, als der Hund bei seiner äussersten Hirnhörschwäche erst durch den entsetzlichen Lärm überhaupt zu einem Hören kam und demgemäss nur eine schwache Schallempfindung haben durfte. Dem entgegen blieben an diesem Hunde die für das Hören charakteristischen Bewegungen aus und zeigten sich ganz andere Bewegungen, indem die Ohren zuckten oder schüttelten und der Kopf schüttelte. Ferner erfolgen, wenn ein Hund den Schall hört, den wir erzeugen, jene charakteristischen Bewegungen sofort, wenn der Schall anhebt, gerade wie wir sofort den Kopf drehen, wenn ein ungewohnter Schall die Ruhe um uns unterbricht. Und das war wieder anders beim grosshirnlosen Hunde, bei welchem es, wie Hr. Goltz berichtet, jedesmal des anhaltenden Geräusches, des anhaltenden Blasens, des längeren Ertönens des Nebelhorns bedurfte, damit es zum Schütteln von Kopf und Ohren kam. Daher ist nicht nur durch die Bewegungen, welche der Hund auf den Schall zeigte, nicht bewiesen, dass er hörte, sondern sogar umgekehrt durch das Ausbleiben der Bewegungen, welche er hätte zeigen müssen, dargetan, dass er nicht hörte; und zu ermitteln bleibt nur, wovon anders, als vom Hören, die ersteren Bewegungen herrührten.

Wir müssen uns dafür erinnern, dass gewisse intensive, besonders hohe und schrille Töne und Geräusche uns Unlust oder Schmerz machen und uns unwillkürlich den Kopf schütteln, schaudern, die Hände vor die Ohren bringen lassen. Die Vorgänge sind nicht weiter untersucht, aber unzweifelhaft handelt es sich um ein dem Blendungsgeföhle ähnliches Gemeingeföhle beim Gehörssinne und entspricht das Kopfschütteln dem Blinzeln auf grellen Lichtreiz. Erwägungen, wie wir sie vorhin bezüglich des Blinzeln anstellten, lassen uns dann im Kopfschütteln einen gemeinen Reflex auf die Cervicalnerven erkennen, sei es vom Trigemini, sei es vom Acusticus aus, im letzteren Falle mittels der akustischen Zentren unterhalb des Grosshirns als Reflexzentren. Pathologische Fälle haben auch gelehrt, dass der Schmerz und die Bewegungen lediglich vom Schalleindruck und nicht vom Hören abhängig sind; denn man hat sie

bei Menschen gefunden, welche vollkommen taub waren, keine Spur einer Schallempfindung mehr hatten.

Nun waren die anhaltenden Töne des Nebelhorns und der Häherpfeife nicht bloss für den Menschen fürchterlich, ganz abscheulich, hässlich, entsetzlich, sondern auch für Tiere, da sämtliche Hunde des Goltzschen Instituts alsbald ein jämmerliches Geheul angingen. Die Töne waren daher nur zu geeignet, am Hunde ohne Grosshirn, wenn er auch nicht hörte und nicht Unlust oder Schmerz empfand, doch die gemeinen Reflexbewegungen auftreten zu lassen, welche fürchterlicher Schall veranlasst. Und solche abwehrenden oder schützenden Reflexbewegungen waren denn auch ganz unverkennbar die Bewegungen, welche zur Beobachtung kamen; denn nach der Goltzschen Beschreibung zuckte der Hund mit den Ohren, „als wenn er etwas Unangenehmes loswerden wollte“, schüttelte er mit dem Kopf und fuhr er gelegentlich mit der Vorderpfote gegen das Ohr, „als wollte er sich das Ohr verstopfen“. Insbesondere erhärtet noch jene Natur der Bewegungen derselbe Umstand, der vorhin die Bewegungen von Sinnesempfindungen abzuleiten entschieden verbot, das späte Eintreten der Bewegungen: es zeigt eine Summation der zentripetalen Erregungen im Zentralorgan an, wie sie bei gemeinen Reflexen vorkommt, und wie sie wohl noch für das Gemeingefühl Bedeutung hat, nicht aber für die Sinnesempfindung, welche unter der Andauer der Reizung abnimmt.

Was Hr. Goltz an Bewegungen infolge des Schalles sah, hatte also mit einem Hören gar nichts zu schaffen, und der Hund ohne Grosshirn war vollkommen taub, wie es nach meinen Ermittlungen über die Hörsphären sich voraussehen liess. In dem Kampfe gegen diese Ermittlungen ist aber Hrn. Goltz noch ein anderes Missgeschick passiert, von welchem es nebenbei Kenntnis zu nehmen lohnt. Nach der Schilderung, die ich gab⁷⁾, „bellt der Hund (der die Hörsphären verloren hat) schon in der ersten Woche immer nur kurze Zeit, dabei eigenartig hart und monoton, manchmal auch überschlagend; später schlägt er bloss auf Sekunden ganz schwach und rauh, oft wie heiser an; endlich, meist schon nach 14 Tagen, setzt er gar nicht mehr zum Bellen an. Wo das Geräusch an der Tür, der Fremde im Stall, der Passant am Gitter des Laufraumes die ganze Schaar der Hunde bellen macht, wo seine Genossen beim Spielen mit ihm die lustigen Sprünge, beim Kampfe mit ihm um das Fleisch oder die brünstige Hündin die tückischen Bisse mit Bellen begleiten, überall bleibt dann unser Hund durchaus stumm; und brächten ihn nicht Misshandlungen zum Schreien und Winseln, man könnte ihn für stimmlos halten“. Ich liess darum zur Taubheit noch Taubstummheit sich hinzugesellen; und das, sagt Hr. Goltz, „ist wieder falsch, denn ein Hund, dem neben den Hörsphären auch alle übrigen

vielberufenen Sphären fehlen, ist nichts weniger als taubstumm“. Die kühne Behauptung hat zur tatsächlichen Unterlage, dass der Hund ohne Grosshirn mannigfaltiger Aeusserungen seiner Stimme fähig war, winseln, quieken, miefen, bellen, heulen konnte. Aber alle die Aeusserungen wurden nach Hrn. Goltz nur dann vernommen, wenn ein unmittelbar vorausgegangener Anlass nachgewiesen werden konnte: zerrte oder drückte man den Hund an einer Hautstelle, so knurrte, quiekte oder bellte er — je nach der Stärke des Reizes; sties er an einen Gegenstand unsanft an, so knurrte er; wurde er ergriffen und emporgehoben, so bellte er; wurde er gereinigt, so knurrte und bellte er. Auch liess sich der Hund niemals durch das Gebell anderer Hunde zum Mitbellen verleiten, noch machte er das jämmerliche Geheul der anderen Hunde mit. Demnach widersprachen die Goltzschen Beobachtungen nirgends den meinigen; und dass dennoch Hr. Goltz die Taubstummheit meiner Hunde bestreitet, ist nur darauf zurückzuführen, dass er Taubstummheit mit Stummheit oder Stimmlosigkeit verwechselte, dass ihm entging, dass auch taubstumme Menschen, misshandelt, mannigfaltige Aeusserungen ihrer Stimme vernehmen lassen. Man sollte meinen, dass schon die letzten Worte meiner Schilderung jene Verwechslung hätten verhüten müssen; genauer alle Aeusserungen der Stimme zu registrieren, deren meine rindentauben Hunde fähig waren, und letztere zu dem Ende allen denkbaren Miss-handlungen auszusetzen, hatte ich freilich keinen Anlass.

Die Sinne weiter verfolgend, hören wir, dass der Hund ohne Grosshirn den Tastsinn noch besass, der nur merkbar abgestumpft war, und sehen einen erstaunlich einfachen Nachweis dafür erbracht: die mechanischen Angriffe der Haut nennt Hr. Goltz Tastreize, und da solche Tastreize Bewegungen des Hundes zur Folge hatten, war der Tastsinn nicht verloren. Dass ausser Sinnesempfindungen auch Gemeingefühle und gemeine Reflexe durch mechanische Angriffe der Haut herbeigeführt werden, macht Hrn. Goltz keine Sorge weiter. So bleibt er im grunde bei seiner alten Gewohnheit: er hatte die Lehre, dass mit dem Untergange von Regionen der Fühlsphäre der Gefühlssinn in den zugehörigen Körperteilen verloren geht, damit bekämpft, dass die Körperteile nicht gefühllos oder empfindungslos waren; und jetzt ist nur die Auffassung oder der Ausdruck zweckgemäss dahin verändert, dass nicht die Empfindung, sondern der Tastsinn fortbestand. Mit der neuen Auffassung ist es wohl auch in Zusammenhang zu bringen, dass die Goltzsche Schilderung des grosshirnlosen Hundes seltsamerweise als Folgen des Zerrens, Drückens usw. der Haut Unzufriedenheit, Unwillen, Zorn und Wut aufführt, niemals aber, was doch am nächsten lag, Schmerz.

Eine ernste Beurteilung des Tastsinnes — wir würden besser sagen: des Gefühlssinnes der Haut, wollen heute aber bei der Goltzschen Be-

zeichnung des Sinnes bleiben — muss sich daran halten, dass die Berührungs- oder Druckempfindungen untrennbar mit Lokalzeichen verknüpft sind, dass sie schon durch sehr schwache, an Grösse und Dauer geringe Angriffe der Haut entstehen, durch viel schwächere Angriffe, als Gemeingefühle und gemeine Reflexe, und dass sie endlich gewisse eigenartige Bewegungen an den angegriffenen Körperteilen zur Folge haben, die Berührungsreflexe, welche sonst nach mechanischen Angriffen der Haut nicht vorkommen. Wenn wir auf dieser Grundlage den grosshirnlosen Hund der Prüfung unterziehen, kommen wir zu einem ganz anderen Ergebnis als Hr. Goltz. Biss der Hund auf Zerren oder Drücken einer Hautstelle zu, so traf er nur selten die Hand, sondern streifte sie nur mit den Zähnen oder biss vollständig in die Luft; und Hr. Goltz fügt hinzu, dass die Fähigkeit, zielbewusst den Ort der Belästigung zu finden, dem Hunde offenbar abging. Was vor allem den Tastsinn charakterisiert, der Ortssinn, wie man gemeinhin zu sagen pflegt, fehlte also dem Hunde durchaus. Weiter bedurfte es, damit überhaupt Bewegungen des Hundes auftraten, stärkerer Angriffe der Haut als in der Norm: Streicheln der Haut, Anblasen des Fussrückens und der Nase sind als erfolglos, erst Zerren oder Drücken der Haut z. B. der Hinterpfote als erfolgreich angegeben. Demnach war der Tastsinn geschädigt und konnte herabgesetzt oder aufgehoben sein. War er nur herabgesetzt, so mussten, wenn der Angriff der Haut die erforderliche Grösse erreicht hatte, um Wirkung zu erzielen, zunächst an den betroffenen Körperteilen die kurzen und schwachen Bewegungen auftreten, welche am normalen Hunde die Berührungsempfindungen mit sich bringen⁸⁾ und durften erst bei wesentlich stärkerem Angriff die kräftigen, längeren und weiter ausgebreiteten Bewegungen zum Vorschein kommen, welche in Verbindung mit Unlust und Schmerz am normalen Hunde sich einstellen. Am grosshirnlosen Hunde kamen aber gar nicht die ersteren, sondern lediglich die letzteren Bewegungen zur Beobachtung, denn man hört immer nur, dass der Hund unwillig wurde, knurrte, durch geeignete Bewegungen sich zu befreien suchte, wenn man ihn anfasste, zerrte, drückte. Mithin lassen die Erfahrungen insgesamt keinen Zweifel, dass nicht der Tastsinn abgestumpft war, sondern der Hund den Tastsinn gar nicht mehr besass.

Wo Hr. Goltz den Hund durch Tastreize zu zweckmässigem Handeln veranlasst werden lässt, können demnach nur gemeine Reflexbewegungen des Hundes vorliegen: und so finden wir es auch in der Tat. Dem Anblasen des Inneren der Ohrmuschel folgte Schütteln der Ohren und des Kopfes, dem Anblasen der Bindehaut Lidschluss und Kopfwendung, der Bewegung einer Fliege auf dem Kopfe — wie ich es, beiläufig bemerkt, sehr oft an grosshirnlosen Kaninchen sah — Schütteln

des Kopfes. Auf Drücken der Pfote oder des Hinterfusses, auf anderweitiges Zerren oder Drücken, auf Ergreifen und Emporheben des Hundes traten Bewegungen der Gliedmassen, des Kopfes und des Rumpfes ein, geeignet, den Hund von der ihn fassenden Hand zu befreien; und gelang die Befreiung nicht, schlossen sich Strampel- und Beissbewegungen an. Das Beissen erfolgte unter zweckentsprechender Krümmung der Wirbelsäule nach rechts oder nach links hin, je nachdem die rechte oder die linke Hinterpfote ergriffen war. Auch waren Aeusserungen der Stimme mit den bezeichneten Bewegungen verbunden, je nach der Stärke (der Grösse und der Dauer) des Reizes verschiedenartige Aeusserungen, Knurren, Quieken oder Bellen. In alledem treten so klar die Reflexgesetze hervor und prägt sich so deutlich das reflektorische Verhalten aus, das von einem Hunde, welchem nicht bloss das Rückenmark, sondern in Verbindung mit ihm auch niedere Hirnteile vom Grosshirn abgetrennt waren, zu erwarten stand, dass man ein Verkennen der Natur der Bewegungen nicht für möglich halten sollte. Hat Hr. Goltz, wie es scheint, an den verschiedenartigen Aeusserungen der Stimme Anstoss genommen, so hat er nicht bedacht, wie darin nur zum Ausdruck kam, dass bei der Ausbreitung der Erregung im Zentralnervensystem auch die die Kehlkopfmuskeln beherrschenden Zentren der Medulla oblongata und noch höher gelegene Zentren der Lautbildung in den Vorgang einbezogen wurden, und wie die Tätigkeit dieser Zentren unter verschiedenen Umständen der Reizung ebenso verschieden sein musste, wie die Tätigkeit der Zentren der Bein-, Rumpf- und Kopfmuskulatur. Ebensowenig lässt sich natürlich die Zweckmässigkeit der Bewegungen entgegenhalten; denn die Zweckmässigkeit kommt ja gerade so sehr den gemeinen Reflexen zu, dass es zu den Seltenheiten gehört, wenn wir einmal nicht sofort den Nutzen übersehen, welchen der Reflex dem Tiere bringt.

Zum Ueberfluss findet sich hier übrigens noch ein besonderer, sehr bemerkenswerter Umstand, der die Goltzsche Behauptung bezüglich des Tastsinnes als unhaltbar dartut. Dem aufmerksamen Leser der Goltzschen Schilderung kann es nicht entgehen, dass die grosshirnlosen Hunde durch die mechanischen Angriffe viel leichter, als der normale Hund, in Unwillen, Zorn und Wut gerieten, d. h. die Bewegungen zeigten, welche Hr. Goltz auf jene Affekte schliessen liessen; man beachte nur das Knurren des Hundes, wenn er an einen Gegenstand anstiess, sein Heulen und Umsichbeissen, wenn die Pfote gedrückt wurde, sein Toben und Wüten, wenn er etwas unsanft angepackt und emporgehoben wurde. Neben der Unterempfindlichkeit, welche sich in dem abnorm hohen Schwellenwerte für Hautreize, wenn solche Reize Bewegungen erzielen sollten, kundgab, bestand also eine Ueberempfindlichkeit; und diese lässt

sich weder durch das Fehlen der Selbstbeherrschung, von dem bei Hrn. Goltz wiederholt die Rede ist, noch durch den Ausfall einer in der Norm vorhandenen ständigen Hemmung seitens des Grosshirns erklären, weil sie nur allmählich nach dem Verluste des Grosshirns und in langer Zeit sich ausbildete. Sieht man nun, wie Hr. Goltz, überall Tastreize und Folgen des Tastsinnes, so kommt man auf das Ungereimte, dass der Tastsinn zugleich abgestumpft und gesteigert war. Es ist dagegen sehr wohl verständlich, dass bei Verlust des Tastsinnes die Gemeinempfindlichkeit erhöht war. Ja, damit reihen sich sogar die Erfahrungen am grosshirnlosen Hunde entsprechenden anderweitigen Erfahrungen an. Denn wie ich an den Reflexzentren der Extremitäten nachwies⁹⁾, haben in den tieferen Teilen des Zentralnervensystems nach ihrer Abtrennung von den höheren Teilen, mit welchen sie in enger funktioneller Verbindung standen, fortschreitende innere Veränderungen statt, Isolierungsveränderungen, welche darin zum Ausdruck kommen, dass die Reflexerregbarkeit über die Norm mehr und mehr bis zu einem Maximum ansteigt. Solche erhöhte Reflexerregbarkeit offenbart sich in allen Bewegungen des grosshirnlosen Hundes, nicht bloss in den früher angeführten, in welchen Hr. Goltz Aeusserungen des Tastsinnes sah, und macht auch das Gehen, Fressen, Saufen usw. des Hundes erklärlich. Doch gehört die Besprechung dieser Bewegungen nicht hierher, und ich werde in meinen Mitteilungen über die Fühlsphären darauf zurückkommen.

Es bleibt noch auf den Geschmackssinn einzugehen; denn für ein Fortbestehen des Geruchssinnes bei dem grosshirnlosen Hunde hat Hr. Goltz, wie es bei der unmittelbaren Verbindung des Olfactorius mit dem Grosshirn nur zu gut begreiflich ist, keine Beobachtung heranzuziehen vermocht, und dass es ihm doch fraglich blieb, ob der Hund noch riechen konnte, braucht uns nicht weiter aufzuhalten. Den Geschmackssinn besass der Hund noch nach Hrn. Goltz; denn er verschmähte es, bitteres Fleisch zu verschlucken. Fleischstücke, welche mit Milch benetzt waren, wurden von dem Hunde mit den Vorderzähnen erfasst, zerkaut und heruntergeschluckt. Wurde ihm darauf ein Fleischstück gereicht, das in eine intensiv bitter schmeckende Lösung von schwefelsaurem Chinin getaucht war, so ergriff er auch dieses und kaute einigemal darauf zu, verzerrte dann aber das Maul und spie das Fleischstück aus. Der Versuch, ihm das bittere Fleisch beizubringen, wurde noch mehrmals mit demselben Misserfolge wiederholt. Nachdem der Hund, der lebhaft Abwehrbewegungen mit dem Kopfe machte, sich beruhigt hatte, erhielt er wieder in Milch getauchtes Fleisch, das sofort angenommen und verzehrt wurde. An einem anderen Tage wurde ihm Fleisch gereicht, das mit Koloquinten-Tinktur bitter gemacht war. Dieses wurde noch

viel heftiger verschmäht. Die Kräuslung der Haut über seiner Nase war ausserordentlich auffällig, als er das bittere Fleisch schmeckte und ausspie. So konnte, wie Hr. Goltz meint, durch entscheidende Versuche mit vollster Sicherheit bewiesen werden, dass der Hund noch zu schmecken imstande war.

Indes lässt sich wiederum Hr. Goltz nicht beistimmen. Das Ausspeien in den Mund gelangter Substanzen erfolgt nach den Erfahrungen, die wir an uns selber machen, unwillkürlich, wenn die Tast- oder Geschmacksnerven der Mundhöhle ungewöhnliche, insbesondere übermässige Reizungen erfahren, und ist ausser mit Tast- und Geschmacksempfindungen regelmässig, wenn die Reizungen übermässig sind, mit Unlust oder Schmerz verbunden; das Unlustgefühl ist häufig, vornehmlich wenn sehr süsse oder bittere Substanzen der Anlass sind, Ekel, gerade wie beim Erbrechen, welches sich auch manchmal an das Ausspeien anschliesst. Darnach kann wohl das Ausspeien eine Folge oder Aeusserung von Sinnesempfindungen sein, muss das aber nicht unter allen Umständen sein, sondern kann auch, und zwar bei starker Reizung des Glosso-pharyngeus oder des Trigemini in der Mundhöhle, unabhängig von aller Sinnesempfindung als eine gemeine Reflexbewegung auftreten. Im letzteren Falle bildet es einerseits im Verein mit dem Erbrechen die schützenden gemeinen Reflexe beim Verdauungsapparate, welche dem Niesen und dem Husten beim Atemapparate entsprechen, andererseits den abwehrenden gemeinen Reflex für den Geschmackssinn und den Tastsinn der Mundhöhle, wie ebensolche Reflexe für den Gesichtssinn, den Gehörsinn und den Tastsinn der Haut bestehen. Das Ausspeien des äusserst bitteren Fleisches, welches Hr. Goltz am grosshirnlosen Hunde beobachtete, konnte daher eine gemeine Reflexbewegung sein und gestattet nicht den Schluss, dass der Hund noch Geschmacksempfindungen hatte.

Für ein weitergehendes Urteil befinden wir uns hier in der eigenen Lage, dass wir uns ganz auf jene Goltzschen Angaben angewiesen sehen. Weder sind bisher die Sinnessphären der Grosshirnrinde, welche dem Geschmackssinne dienen, ermittelt, noch ist sonst die Bedeutung von Hirnteilen für den Geschmackssinn festgestellt; und mir selbst sind alle älteren und neueren Bemühungen daran gescheitert, dass meine Hunde in der Norm, wenn sie nur gute Fress- und Sauflust haben, auch die schlechtestschmeckende Nahrung ohne weiteres zu sich nehmen, selbst sehr bitteres Fleisch verschlingen und sehr bitteres Wasser schlucken, ohne irgendwie zu verraten, dass sie Ekel zu überwinden haben. Hr. Goltz hat aber weitere Beobachtungen bezüglich des Geschmackssinnes des grosshirnlosen Hundes nicht beigebracht, denn dass der Hund ein Stück Fleisch viel geschwinder zu einem schluckbaren Bissen formte,

wenn es mit Butter, als wenn es mit Milch bestrichen war, kann man nicht auf Rechnung des Geschmackssinnes stellen; und er spricht sich nicht einmal darüber aus, ob er den Geschmackssinn des Hundes für normal oder für herabgesetzt hielt. Um so bedeutsamer muss es erscheinen, dass wir in dem wenigen, das wir hören, lauter Umstände finden, welche in dem Ausspeien einen gemeinen Reflex erkennen lassen: einmal, dass es einer intensiv bitter schmeckenden Lösung von Chinin oder der Koloquinthen-Tinktur bedurfte, um das Ausspeien zu veranlassen, so dass es zu einer sehr starken Reizung der Geschmacksnerven kommen musste; zweitens, dass das Ausspeien erst nach einigem Kauen erfolgte, wodurch eine Summation der zentripetalen Erregungen im Zentralorgan angezeigt ist; drittens, dass nur die nächstliegenden zweckmässigen Bewegungen zur Abwehr des Reizes eintraten. Schwerlich lässt sich da zweifeln, dass es auch im vorliegenden Falle bloss um eine gemeine Reflexbewegung sich handelt, wie bei den vorher betrachteten Sinnen.

Wir können daher schliesslich kurz sagen: Die Sinne, welche durch mässige Einwirkungen der Sinnesreize die Kenntnis von der Aussenwelt liefern, sind gegen übermässige, sie gefährdende Einwirkungen der Sinnesreize dadurch geschützt, dass starke Erregungen der peripherischen Sinnesnerven ohne jede Beteiligung von Empfindungen auf dem Wege des gemeinen Reflexes Bewegungen herbeiführen, welche die Reize von den Endigungen der Sinnesnerven fernhalten oder entfernen, und zudem Gemeingefühle entstehen lassen, so dass bewusste oder willkürliche Bewegungen für den gleichen Zweck zu Hülfe kommen können. Jene schützenden gemeinen Reflexbewegungen, deren Reflexzentren im Zentralnervensystem unterhalb des Grosshirns gelegen sind, waren am grosshirnlosen Hunde erhalten; und in ihnen, die nur ein Fortwirken von Sinnesreizen oder Fortbestehen von Sinneseindrücken kundtaten, hat Hr. Goltz irrtümlich die Anzeichen des Fortbestehens von Sinnesempfindungen gesehen. Gerade umgekehrt hat der grosshirnlose Hund, indem infolge von Sinnesreizen keine anderen Bewegungen an ihm auftraten als jene schützenden gemeinen Reflexe, aufs schönste bestätigt, was zuerst die partiellen Exstirpationen der Grosshirnrinde am Hunde gelehrt und entsprechende pathologische Erfahrungen am Menschen ergeben hatten, dass auch die elementaren Sinnesempfindungen, die Lichtempfindung, die Schallempfindung usw., an das Grosshirn gebunden sind.

Anmerkungen.

- 1) Pflügers Arch. **51**. 1892. 570—614.
 - 2) Beiträge zur Lehre von den Funktionen der Nervenzentren des Frosches.
Berlin 1869. 54.
 - 3) Pflügers Arch. **20**. 1879. 14.
 - 4) Grosshirnrinde 243 ff.
 - 5) Pflügers Arch. **13**. 1876. 25—6.
 - 6) Vorlesungen über Physiologie. 4. Aufl. Wien 1887. **2**. 95.
 - 7) Grosshirnrinde 115.
 - 8) S. oben 24—5.
 - 9) S. oben 31.
-

VIII.

Ueber die Kontrakturen nach Grosshirnerkrankungen.

(Verhandl. d. Berlin. Physiol. Ges. 1894/95. No. 17; Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1895. 564—70).

Die Kontrakturen, die unwillkürlichen dauernden Muskelverkürzungen, welche beim Menschen nach Grosshirnerkrankungen, insbesondere Hemiplegien auftreten, sind bisher ausschliesslich Gegenstand pathologischer Beobachtung gewesen. Man hat nach der Zeit des Eintrittes oder der Aufeinanderfolge frühe und späte, primäre und sekundäre Kontrakturen unterschieden, nach dem Verhalten, welches die Muskeln zeigen, spastische und paralytische, aktive und passive Kontrakturen. Man hat auch Theorien dieser Kontrakturen aufgestellt. Die sekundäre Degeneration der Pyramidenbahnen im Gefolge von Hemiplegien sollte die Reizung der zugehörigen Ganglienzellen der Vorderhörner des Rückenmarks mit sich bringen und dadurch es zu permanenter Muskelkontraktion an den gelähmten Extremitäten kommen; später sollten manchmal noch die Ganglienzellen des Rückenmarks mit untergehen und mit dem dadurch herbeigeführten Muskelschwunde die spastischen zu paralytischen Kontrakturen werden. Dem entgegen hat man andererseits die aktiven Kontrakturen, bei der Lähmung der einen Muskeln, dem Tonus oder der willkürlichen Kontraktion der nicht gelähmten Antagonisten zugeschrieben, die passiven Kontrakturen einfach auf die Inaktivitätsatrophie der gelähmten Muskeln zurückgeführt. Noch andere haben die Mitbewegungen der gelähmten Muskeln oder mechanische Momente, die Schwere, die Körperbelastung usw. zur Erklärung herangezogen. Alle diese Theorien aber hat die Kritik zum einen Theile als tatsächlich nicht begründet, zum anderen Theile als dem Schatze von Erfahrungen gegenüber unzureichend erkannt.

Dass der Versuch für die Aufklärung der Kontrakturen noch nicht zu Hülfe kam, obwohl doch in den letzten Jahrzehnten so viel am Hirn experimentiert worden ist und gerade auch im Hinblick auf pathologische Erscheinungen, wie z. B. die Epilepsie, hatte seine guten Gründe. Die

Kontrakturen kommen nämlich bei den Tieren, welche hauptsächlich den Hirnversuchen dienten, Hunden, Katzen, Kaninchen, gar nicht vor. Und wo sie vorkommen, bei den Affen, stellen sie sich nach der passenden Verstümmelung der Tiere durchaus nicht regelmässig ein, so dass sie bei den verhältnismässig spärlichen Untersuchungen, für welche Affen Verwendung fanden, noch oftmals nicht gesehen wurden. Nur die englischen Forscher haben sie häufiger beobachtet; aber schon dass die Zahl ihrer Erfahrungen doch nur klein war, hat sie zu einer richtigen Würdigung der Kontrakturen nicht gelangen lassen. Erst nachdem ich durch eine Reihe von Jahren bei zahlreichen Versuchen den rätselhaften Wechsel im Auftreten und Ausbleiben der Kontrakturen, wie in ihrer Erscheinungsweise aufmerksam verfolgt hatte, war ich in der Lage, der Frage nach dem Wesen der Kontrakturen nachzugehen. Was sich mir ergab, habe ich von dem physiologischen Gesichtspunkte aus, dass die Kontrakturen für die Ermittlung der Funktionen der Grosshirnrinde eine Fehlerquelle abgeben, schon an anderem Orte (s. oben IV) dargelegt; und ich will es hier mehr vom pathologischen Gesichtspunkte aus vorführen, der Aufklärung der Kontrakturen von pathologischer Seite die experimentellen Grundlagen zu geben versuchen.

Die Kontrakturen, um welche es sich handelt, werden ausschliesslich durch Schädigungen des Grosshirns im Bereiche der Fühlsphäre und der zugehörigen weissen Substanz herbeigeführt und treten je nach den betroffenen Regionen der einen oder der anderen Fühlsphäre an den diesen Regionen zugeordneten Körperteilen der Gegenseite auf. Die häufigsten und auffälligsten Kontrakturen sind die am Arm und Bein im Gefolge von Schädigungen der gegenseitigen Extremitätenregionen. Diese, die auch von den Pathologen vornehmlich ins Auge gefasst worden sind, habe ich besonders studiert, immer nach mechanischen Verletzungen der rechtsseitigen oder linksseitigen Extremitätenregionen, und an sie will ich mich für die Folge heften.

Es gibt bei den Affen zwei grundverschiedene Arten von Kontrakturen, von welchen die eine nur selten, die andere ziemlich häufig vorkommt.

Den ersteren Kontrakturen liegt ein Muskeltetanus zugrunde, der aus anfänglichen fibrillären und klonischen Zuckungen mehr oder weniger rasch sich herausbildet und meist lediglich mässige Schwankungen der Intensität zeigt, hin und wieder für Zeiten durch fibrilläre und klonische Zuckungen unterbrochen wird. Ganz vereinzelt Fälle bieten das Besondere dar, dass der Tetanus bei langer völliger Ruhe des Affen nachlässt oder sogar aufhört und, sobald der Affe sich zu bewegen anfängt, wieder seine frühere Grösse gewinnt. Die Muskeln, welche dem Tetanus verfallen, sind dabei nie die gesamten Muskeln der Extremitäten,

sondern immer nur ein Teil derselben, im übrigen aber so vielfach verschiedene und besonders verschieden kombinierte Muskeln, dass von irgendwelcher Regelmässigkeit nicht zu sprechen ist. Höchstens kann ich sagen, dass es bei meinen Versuchen meist Muskeln waren, welche der Bewegung einiger Glieder, entweder bloss der oberen oder bloss der unteren Glieder der Extremitäten dienten, und gewöhnlich bloss Beuger oder Strecker, Adduktoren oder Abduktoren usw., selten Muskeln von beiderlei antagonistischen Gruppen zugleich. Die Zuckungen, welche die Kontrakturen einleiten, heben manchmal schon am Tage nach der Verletzung an, in der Regel aber erst später bis zu den ersten Tagen der zweiten Woche, so dass man vorher willkürliche Bewegungen der betroffenen Muskeln konstatieren kann. Einigemal habe ich die Kontrakturen, die früh begonnen und eine geringe Grösse nicht überschritten hatten, nach 1—2 Tagen verschwinden und in vielen Monaten nicht wiederkehren sehen. Ueberall sonst blieben die Kontrakturen bis zum Tode des Affen bestehen, der noch in den ersten Wochen, längstens 3 Wochen nach der Verletzung eintrat; es kam nur zuweilen vor, dass einzelne Muskeln, die lange im Tetanus gewesen waren, zur Ruhe kamen und wiederum andere Muskeln, die vorher in Ruhe gewesen waren, in Tetanus gerieten.

Man beobachtet diese Kontrakturen niemals nach totaler oder annähernd totaler Exstirpation der Extremitätenregionen. Wo sie sich einstellen, ist immer ein ansehnlicher, manchmal sogar ein recht grosser Teil der Extremitätenregionen stehengeblieben, und zwar jedesmal diejenige Partie dieser Regionen, von welcher aus man durch elektrische Reizung eben die Muskeln hätte in Tätigkeit setzen können, welche gerade im Versuche in Tetanus geraten waren. Es ist ferner mit Ausnahme der wenigen Fälle, in welchen die Kontrakturen rasch vorübergehend sich zeigten, der stete Befund ein übles Verhalten der Wunde, Eiterung am Hirn oder rote Erweichung. Daraus ist zu entnehmen, dass die Kontrakturen die Folgen von Reizungen sind, welche die Hirnsubstanz in der Nachbarschaft der Exstirpationsstelle bei schlechter Heilung der Wunde erfährt. Genauer lässt sich, was den Anlass zur Reizung gibt, vorerst nicht bestimmen: es müssen besondere schlechte Heilungsvorgänge sein, welche weiter zu ermitteln bleiben, da durchaus nicht immer bei Eiterung und Erweichung die Kontrakturen auftreten, andererseits in den Fällen rasch vorübergehender Kontrakturen die Wunde anscheinend per primam vernarbt. Nur was gereizt wird, lässt sich sogleich noch schärfer dahin fassen, dass es die graue Rinde ist; denn anders wäre es nicht zu verstehen, dass nach der Totalexstirpation der Extremitätenregionen, trotzdem dass die zugehörige weisse Substanz erhalten ist, unter keinen Umständen die Kontrakturen vorkommen und

auch nach partiellen Exstirpationen nie Muskeln in Tetanus geraten, die nicht mehr von der erhaltenen Rinde aus hätten in Tätigkeit gesetzt werden können. Ich will deshalb diese Kontrakturen Rindenreizkontrakturen nennen.

Die andere, häufigere Art der Kontrakturen hat mit Muskelkrämpfen gar nichts zu schaffen: Muskeln in Ruhe zeigen sich ansehnlich verkürzt und ihre Dehnbarkeit aufgehoben oder äusserst beschränkt. Wiederum ist nur ein Teil der Muskeln der Extremitäten betroffen; aber hier sind es nicht, wie bei den Rindenreizkontrakturen, ganz unregelmässig bald diese, bald jene, sondern immer dieselben Muskeln und dabei nie Muskeln der untersten Glieder. Der gesenkte Oberarm ist fest an die Brust und nach hinten gezogen und lässt sich bloss noch nach hinten führen; der Vorderarm ist stark gebeugt und lässt sich nur noch mehr beugen; Oberschenkel und Unterschenkel, beide ansehnlich gebeugt, lassen sich wohl noch weiter beugen, nicht aber strecken; der Fuss, mehr oder weniger gestreckt (plantarflektiert), lässt sich noch weiter strecken, nicht aber beugen. So stellen sich die Kontrakturen ausgebildet frühestens 5—6 Wochen, manchmal erst mehrere Monate nach der Verletzung dar; ihre Entwicklung dauert einige Wochen; ihre ersten Anfänge, die an der Abnahme der Dehnbarkeit leicht zu erkennen sind, treten nie eher als gegen das Ende der dritten Woche und gewöhnlich später, oft viel später auf. Eine Zurückbildung erfahren die Kontrakturen nie, so lange auch das Tier am Leben bleibt.

Diese Kontrakturen finden sich immer nur in Fällen ausgedehnter bis totaler Exstirpation der Extremitätenregionen, nicht nach kleineren Exstirpationen, und allermeist, wo die Wunde bestens per primam verheilt ist. Hält man sich an die Totalexstirpationen, so lässt sich konstatieren, dass mit den Kontrakturen weder in der Verletzung und Vernarbung, noch in der sekundären Degeneration der Pyramidenbahnen, noch in dem Verhalten der Ganglienzellen der Vorderhörner Verschiedenheiten verbunden sind gegenüber den Fällen, in welchen die Kontrakturen fehlen. Lediglich zum allgemeinen Verhalten der verstümmelten Affen bieten sich ganz regelmässige Beziehungen der Kontrakturen dar, indem die Kontrakturen ausbleiben, wo die Affen gehen, laufen, klettern usw., und eintreten, wo die Affen nicht mehr jene Prinzipalbewegungen, wie ich sie nannte, machen. Damit eröffnet sich aber auch das Verständnis der Kontrakturen. Denn durch die Totalexstirpation der Extremitätenregionen sind allerdings bloss die isolierten Bewegungen der gegenseitigen Extremitäten aufgehoben, nicht die Bewegungen, welche diese Extremitäten in Verbindung oder in der Reihe mit anderen Körperteilen ausführen, ihre Gemeinschaftsbewegungen, die nur gewisse Unvollkommenheiten und Ungeschicktheiten, insbesondere bezüglich der Bewegungen

der unteren Glieder, zeigen. Aber wenn die Affen nicht mehr gehen, laufen usw., machen die gegenseitigen Extremitäten auch nicht Gemeinschaftsbewegungen und verharren bewegungslos in derjenigen Stellung, welche zum Sitzen oder Hocken, der eigentümlichen Ruhehaltung unserer Makaken und ihrer Verwandten, gehört, und mit welcher eine Verkürzung bestimmter Muskeln verbunden ist. Indem nun gerade an diesen selben Muskeln und nur an diesen Muskeln die Kontrakturen auftreten, erkennen wir, dass die Kontrakturen die Folgen der mit dem Sitzen verbundenen Verkürzung sind, in welcher die Muskeln für die Dauer verbleiben.

Demgemäss sehen wir uns auch in der Tat imstande, die Kontrakturen ganz nach Belieben herbeizuführen oder fernzuhalten, je nachdem wir die zahmen Affen nach der Verstümmelung immer im engen Käfig verwahren oder oft für längere Zeiten ausserhalb des Käfigs frei im Zimmer sich bewegen lassen. Wir haben es wiederum in der Hand, an den letzteren Affen zu jeder späteren Zeit die Kontrakturen auftreten zu machen, indem wir nur die Affen nicht mehr aus dem Käfig zu lassen brauchen. Wir vermögen weiter, wenn bei einem Affen, wie es zuweilen vorkommt, zunächst nur an einer der beiden Extremitäten der Beginn der Kontrakturen bemerklich wurde, die andere Extremität noch vor den Kontrakturen zu schützen, indem wir den bis dahin im Käfig gehaltenen Affen oft aus dem Käfig nehmen und zu vielem Gehen, Laufen usw. anregen. Wir können endlich an den im Käfig verbleibenden Affen die Kontrakturen hintenanhalten, sobald wir die gefährdeten Muskeln täglich durch künstliche Bewegungen der Glieder wiederholt dehnen. Und auf der anderen Seite klärt es sich auf, weshalb die Experimentatoren nach ausgedehnter Exstirpation der Extremitätenregionen die einen Male auf Kontrakturen gestossen sind, die anderen Male nicht. Aus den Versuchsprotokollen der HH. Ferrier und Yeo, Horsley und Schäfer ergeben sich, abgesehen von der ersten Zeit nach der Verstümmelung, wochenlange Pausen in der Untersuchung der Affen; und dass in der Zwischenzeit die Affen ungestört im Käfig verblieben, musste zu Kontrakturen führen, wie sie beobachtet wurden. Dagegen konnte Hr. Schiff bei seinen älteren Versuchen nicht Kontrakturen finden, weil die Affen, wie aus der Schilderung ihres Verhaltens zu entnehmen ist, häufigen, vielleicht täglichen Prüfungen ausserhalb des Käfigs unterzogen wurden. Erst später, da Hr. Schiff wohl nicht mehr Interesse an häufigen Prüfungen hatte, ist es zu Kontrakturen an seinen Affen gekommen; er tut zwar auch dort der Kontrakturen nicht Erwähnung, doch steht ihr Vorhandensein ausser Zweifel durch die hochgradige Muskelatrophie, über welche er berichtet. Denn bei den Affen ohne Kontrakturen ist die Atrophie der Muskeln der geschädigten Extremitäten auch nach vielen Monaten immer nur mässig, während dieselbe an den

anderen Affen schon beim Beginn der Kontrakturen beträchtlicher ist, auch wenn dieser Beginn noch in den ersten Monat nach der Verstümmelung fällt, und rasch in wenigen Monaten zu höheren und höchsten Graden anwächst.

Die eben berührte Muskelatrophie ist die Inaktivitätsatrophie infolge des Fehlens der intentionellen Bewegungen, das Hr. Schiff heranzieht, oder wie wir richtiger sagen, des Fehlens der isolierten Bewegungen bei den Affen ohne Kontrakturen, infolge des Ausfalles nicht bloss der isolierten, sondern auch der Gemeinschaftsbewegungen bei den Affen mit Kontrakturen. Dass dabei die mit Kontrakturen bedrohten oder den Kontrakturen verfallenen Muskeln immer weniger atrophisch gefunden werden, als ihre Antagonisten, und verhältnismässig um so mehr in der Atrophie zurückgeblieben, je grösser die Atrophie der Muskulatur im allgemeinen ist, kann nicht verwundern, da die Antagonisten beim Sitzen des Affen ansehnlich verlängert sind. Dehnung der Muskeln steigert ihren Stoffumsatz und beschleunigt ihr Absterben; und daher müssen, sobald überhaupt durch eine Abnahme der Bewegungen Atrophie der Muskulatur veranlasst ist, die beim Sitzen des Affen gedehnten Antagonisten vorzugsweise rasch atrophieren. Möglicherweise wird auch die Atrophie für die beim Sitzen verkürzten Muskeln dadurch verlangsamt, dass ihre Ernährung infolge besserer Blutzirkulation begünstigt ist. Keinesfalls ist aber daran zu denken, dass etwa die raschere Atrophie der Antagonisten eine Ursache der Kontrakturen abgibt. Denn nicht nur sind die Antagonisten gewöhnlich erst wenig in der Atrophie vorauf, wenn die Kontrakturen schon deutlich geworden sind; sondern es kann auch, da die Kontrakturen eintreten, wenn der Affe, sei es sogleich von der Verstümmelung, sei es von einer späteren Zeit an andauernd sitzt, die grössere oder geringere Leistungsfähigkeit der Antagonisten nicht von Belang sein, wo doch Leistungen derselben gar nicht beansprucht werden, der Affe eben nicht mehr geht oder klettert oder andere Prinzipalbewegungen macht.

Im Gegensatze zu den Rindenreizkontrakturen lassen sich die Kontrakturen der zweiten Art passend als Defektkontrakturen bezeichnen. So ist dem Ausdruck gegeben, dass nicht durch eine Reizung, sondern durch einen Verlust von Hirnsubstanz die Kontrakturen veranlasst sind, und zugleich angezeigt, dass es diesmal nicht darauf ankommt, dass gerade die Hirnrinde betroffen ist. Wir haben allerdings die Defektkontrakturen nach Rindenexstirpationen beobachtet. Aber wie wir das Wesen dieser Kontrakturen erkannt haben, versteht es sich, dass dieselben auch dann an den Affen auftreten müssen, wenn bei erhaltener Rinde in der Corona radiata oder der Capsula interna die Leitungsbahnen zerstört sind, auf welchen von der Rinde aus die Anregung der

isolierten Bewegungen der Extremitäten erfolgt, — sobald nur die Affen nicht mehr Prinzipalbewegungen machen.

Nach allen unseren sonstigen Erfahrungen sind wir nun berechtigt, wo es sich um so grobe Vorgänge, wie bei den Kontrakturen, handelt, das am Affen Ermittelte auf den Menschen zu übertragen. Abgesehen von den Krämpfen, welche die eigenartige Zerstörung der Hirnsubstanz beim Menschen, z. B. durch Blutungen, in der ersten Zeit herbeiführen kann, werden wir also beim Menschen gerade so, wie beim Affen, Rindenreizkontrakturen und Defektkontrakturen haben. Nach meiner Durchsicht der Litteratur dürften im grossen und ganzen die frühen oder primären, die spastischen oder aktiven Kontrakturen Rindenreizkontrakturen sein, die späten oder sekundären, die paralytischen oder passiven Kontrakturen Defektkontrakturen. Nur sind beim Menschen die beiden Arten von Kontrakturen nicht immer so durchaus geschieden, wie wir es beim Affen fanden. In unseren Fällen der Rindenreizkontrakturen brachten es die Folgen des experimentellen Eingriffes, welche die Rindenreizung veranlassten, zugleich mit sich, dass die Affen noch in den ersten Wochen starben. Dagegen kann bei den Erkrankungen des Menschen zu dem Verluste von Hirnsubstanz eine andersartige Rindenreizung, die nicht zum Tode führt, sich hinzugesellen und so es zu einem Nebeneinander beider Arten von Kontrakturen kommen. Dass die Defektkontrakturen beim Menschen an anderen Muskeln, besonders der unteren Extremität, auftreten, als beim Affen, entspricht natürlich der abweichenden Ruhelage, welche die geschädigten Extremitäten beim Menschen einhalten. Zufällige oder aufgenötigte Variationen der Haltung, in welcher die Glieder verharren, werden immer mit Variationen der Muskeln einhergehen, welche den Defektkontrakturen verfallen. Ich habe auch bei Affen, welche, während die Kontrakturen sich entwickelten, zu mehreren in demselben Käfig dicht an einander gedrängt und gewissermassen einen Knäuel bildend sassen, infolge der ungewöhnlichen Lage der Glieder einigemal eine freie Beweglichkeit des Unterschenkels oder des Fusses, einigemal eine durch Kontrakturen beschränkte Beweglichkeit der Hand gefunden.

Weshalb lediglich beim Menschen und beim Affen die Kontrakturen vorkommen, nicht aber beim Hunde, bei der Katze, beim Kaninchen, ist schliesslich einfach zu übersehen. Der Grund ist ein anderer bezüglich der Rindenreizkontrakturen, ein anderer bezüglich der Defektkontrakturen. Wie ich schon aus anderem Anlass einmal hervorzuheben fand, sind die verschiedenen Tierarten ungleich empfindlich, ist das Zentralnervensystem sehr erregbar beim Hunde und bei der Katze, wenig erregbar beim Kaninchen und von mittlerer Erregbarkeit beim Menschen und beim Affen. Daher können bei den letzteren andauernde Reizungen der Rinde,

solange sie mässig sind, bloss Kontrakturen und erst wenn sie stark sind, epileptische Anfälle herbeiführen, während beim Hunde und bei der Katze immer sogleich epileptische Anfälle die Folgen schon mässiger andauernder Reizungen der Rinde sind und beim Kaninchen selbst starke solche Reizungen ebensowenig Kontrakturen wie epileptische Anfälle veranlassen. Hinwiederum ist das Entstehen von Defektkontrakturen beim Hunde, bei der Katze und beim Kaninchen von vorneherein dadurch ausgeschlossen, dass diese Tiere selbst nach der Totalexstirpation der Extremitätenregionen höchstens in den ersten Tagen im Stehen, Gehen, Laufen usw. beschränkt sind, des weiteren aber ebensoviele Prinzipalbewegungen machen wie vor der Verletzung.

IX.

Ueber die Ausdehnung der Sinnessphären in der Grosshirnrinde.

Erste Mitteilung.

(Sitzungsberichte der Berliner Akademie der Wissenschaften 1899. 936—50.)

Nach meinen Ermittlungen am Hunde und am Affen stellte ich vor zwei Jahrzehnten die Grosshirnrinde als ein Aggregat den verschiedenen Sinnen zugeordneter Rindenabschnitte dar, welche ich die Sinnessphären nannte: der Sehsphäre im Hinterhauptslappen, der Hörsphäre im Schläfenlappen, der Fühlsphäre im Stirn-Scheitellappen, der Riechsphäre im Gyrus hippocampi. In jeder dieser Sinnessphären liess ich die Sinnesnervenfasern eines Sinnes ihr Ende finden und die spezifischen Empfindungen, Wahrnehmungen und Vorstellungen dieses Sinnes zustande kommen; und ich liess die Intelligenz als den Inbegriff und die Resultierende aller aus den Sinneswahrnehmungen stammenden Vorstellungen überall in der Grosshirnrinde ihren Sitz haben und nirgend im besonderen. Seitdem hat sich unsere Kenntnis von den Sinnessphären erweitert und vertieft und ist auch der Widerspruch so gut wie erloschen, der sich von verschiedenen Seiten gegen die Existenz der Sinnessphären und schliesslich insbesondere der Fühlsphäre erhoben hatte. Man kann jetzt bezüglich der Lage der Sinnessphären von einer allgemeinen Uebereinstimmung sprechen, nicht bloss bei den genannten Tieren, sondern nach den anatomischen und pathologischen Erfahrungen auch beim Menschen. Doch über die Ausdehnung der Sinnessphären gehen die Angaben noch sehr aus einander.

Während ich die verschiedenen Sinnessphären, eine jede über den bezeichneten Lappen der Grosshirnrinde verbreitet, aber auch auf ihn beschränkt, an einander grenzen liess, erstreckt sich nach den Einen jede Sinnessphäre von dem bezeichneten Lappen der Grosshirnrinde aus noch mehr oder weniger weit über die benachbarten Lappen, so dass intermediäre Zonen bestehen, in welchen die verschiedenen Sinnessphären durch einander gemischt sind, und nimmt nach den Anderen jede

Sinnessphäre nur einen kleinen Teil des bezeichneten Lappens ein, so dass ansehnliche Abschnitte der Grosshirnrinde übrig bleiben, welche gar nicht Sinnessphären sind. Die beiden gerade entgegengesetzten Angaben haben, die erstere nach Versuchsergebnissen am Hunde und Affen in Hrn. Luciani, die andere nach anatomischen und entwicklungsgeschichtlichen Erfahrungen am Menschen in Hrn. Flechsig ihre extremen Vertreter. Die HH. Luciani und Flechsig treffen dann jedoch wieder darin zusammen, dass sie, Jener der intermediären Zone vor dem Hinterhauptslappen, Dieser den von den Sinnessphären freien Rindenabschnitten höhere Funktionen zuschreiben, als den Sinnessphären, vornehmlich die Assoziation der Wahrnehmungen und Vorstellungen, weshalb Hr. Flechsig neben den Sinnessphären noch Assoziations- oder Koagitationszentren (Denkorgane) an der Rinde unterscheidet. Man ist also zugleich wieder, im Widerspruche mit mir, auf einen besonderen Sitz der Intelligenz, abgrenzbar nach Art der Sinnessphären, zurückgekommen; und dafür sind auch Andere, ohne das Verhalten der Sinnessphären weiter in Betracht zu ziehen, auf grund der Untersuchung des Stirnlappens für sich allein eingetreten, indem sie die Stirnlappenrinde, entgegen meinen früheren Ausführungen, eigens mit den höheren psychischen Funktionen betraut sein liessen.

Die Flechsigsche Lehre hat von anatomischer Seite mehrfachen Widerspruch erfahren, des weiteren aber hat der Widerstreit der Angaben zu eingehenden Untersuchungen nicht Anlass gegeben. Und doch handelt es sich um Fragen, deren zuverlässige Beantwortung für die richtige Auffassung der Grosshirnrinde von grundsätzlicher Bedeutung ist. Ich bin ihnen deshalb durch eine Reihe von Jahren unausgesetzt mit Versuchen nachgegangen, und ich will in den folgenden Mitteilungen darlegen, was sich mir ergeben hat.

1.

Was ich zuerst im Jahre 1878 über die Ausdehnung der Sinnessphären beibrachte, fusste auf den Sektionsbefunden bei zahlreichen Versuchen mit kleinen Rindenexstirpationen, bei welchen Störungen ausschliesslich eines Sinnes zur Beobachtung gekommen waren. Je weiter die Zahl solcher Versuche anwuchs, desto besser liessen sich die Sinnessphären abgrenzen; und desto deutlicher trat es auch hervor, dass, wo in anderen Versuchen Störungen zweier Sinne zugleich sich darboten hatten, die Verletzung regelmässig zwei benachbarte Sinnessphären betroffen hatte. So stellte sich heraus, dass die Sinnessphären in der Grosshirnrinde an einander gereiht oder neben einander angeordnet sind, dass die Ausbreitung und Endigung jedes Sinnesnerven an der Grosshirnrinde in einem zusammenhängenden Rindenabschnitte erfolgt, in welchen

Fasern anderer Sinnesnerven nicht hineingelangen. Natürlich konnte der gefundene Verlauf der Sinnessphärengrenzen dem wirklichen immer nur ungefähr entsprechen; und ich brachte deshalb auch in den Abbildungen die Ausdehnung der Sinnessphären nicht mittels Grenzlinien, sondern mittels verschiedener Schraffierung der Rindenpartien zur Anschauung.

Aus dem langen Kampfe, welcher sich danach um die Existenz meiner Sinnessphären erhob, sollten diese schliesslich doch nicht ganz ungeschädigt hervorgehen. Man liess sie nicht scharfe, sondern verschwommene Grenzen haben, nicht an einander stossen, sondern mit den Rändern über einander greifen. Zuerst vereinzelt, dann immer allgemeiner trat die Aussage auf, ohne weitere Angabe, in welcher Breite die Ränder sich deckten, ohne nähere Begründung, ja ohne dass selbst nur Versuche in mehr als einer winzigen, hier durchaus unzureichenden Zahl angestellt waren. Sichtlich fand man Gefallen an dem, wenn auch noch so dürftigen Kompromiss, welches das einheitliche Seelenorgan doch vor gar zu strengen Sonderungen bewahrte. Nur Hr. Luciani¹⁾ hat ein weiter gehendes Kompromiss nötig befunden und in breiter Ausführung auf grund von ca. 30 Versuchen neben vielem anderen nachzuweisen versucht, dass meine Sinnessphären allerdings zwar, so zu sagen, die Zentralherde der betreffenden Sinne sind, dass aber jede Sinnessphäre noch vom Zentralherde aus weit in die anderen Hirnlappen hinein schwächer ausstrahlt (irradiert), so dass die Sehsphäre mit ihren Ausläufern bis an die Spitze des Stirnlappens, Kopf- und Extremitätenregionen der Fühlsphäre bis an den Hinterhauptslappen heran reichen und Hör- und Riechsphäre bis zur Fissura longitudinalis sich erstrecken.

Hrn. Lucianis Ergebnisse haben nicht Beachtung weiter gefunden; und sie eingehend zu widerlegen, würde auch heutzutage ein unnützes Unternehmen sein, wo Jedermann mit ein paar grössten Rindenversuchen bei aseptischem Verfahren sich leicht von ihrer Unrichtigkeit überzeugen kann. Wenn nach Exstirpationen im Bereiche der Sehsphäre Gefühls- oder Bewegungsstörungen am Kopfe oder an den Extremitäten, nach Exstirpationen in der Nähe der Fissura longitudinalis vor der Sehsphäre Hör- und Riechstörungen, nach Exstirpationen in den Extremitätenregionen der Fühlsphäre Gefühls- und Bewegungsstörungen am Kopfe oder sogar Sehstörungen sich finden, liegen nur unbrauchbare, für die Erkenntniss der örtlichen Funktionen der Grosshirnrinde wertlose Versuche vor, bei welchen infolge fehlerhaften operativen Eingriffs oder

1) Brain 7. 1884. 145. — Luciani und Seppilli, Die Funktions-Lokalisation auf der Grosshirnrinde. Leipzig 1886.

schlechter Verheilung der Wunde weite Strecken der Rinde in der Umgebung der Exstirpationsstelle in Mitleidenschaft gezogen wurden. Und dass derart die Versuche waren, aus welchen Hr. Luciani seine Schlüsse zog, tut nicht bloss die Durchsicht seiner Versuchsprotokolle überreichlich dar, sondern würde sich auch schon aus dem entnehmen lassen, was man erfährt¹⁾: dass Hr. Luciani zunächst einen Schnitt an den Grenzen des zu exstirpierenden Lappens durch seine ganze Dicke führte und die Blutung dadurch zum Stehen brachte, dass er die Wundflächen dicht an einander hielt und mit einem desinfizierten Schwämmchen eine schwache Kompression auf das Gehirn ausübte; dass er nach der dann folgenden Exstirpation die blutige Höhle mit karbolisierten Schwammstücken ausfüllte und wartete, bis die Blutung infolge der Bildung eines leichten Gerinnsels vollständig nachgelassen hatte; dass er danach die Schwämme entfernte, und die Wunde energisch mit einem feinen Strahl von Karbolwasser aus einem kleinen Zerstäuber auswusch; dass er an den folgenden Tagen häufig Karbolwasser in die Wunde einführte. Zum Ueberflusse werden wir in der Folge den Irrtum, welchem Hr. Luciani verfiel, gerade an der für ihn bedeutungsvollsten Rindenpartie noch unmittelbar durch die Versuche nachgewiesen sehen.

Aber auch dass die Sinnessphären mit ihren Rändern über einander greifen, ist nicht zuzugeben.

Schon als die Angabe sich zu verbreiten anfang, war ich zu neuen Erfahrungen gelangt, welche sich nicht mit ihr vereinigen liessen. Ich hatte beim Hunde Totalexstirpationen der Sehsphären oder der Hörsphären unternommen, indem ich für die Beseitigung der Rinde gerade die Grenzen einhielt, welche ich früher als die Grenzen jener Sinnessphären erkannt hatte: und ich hatte Hunde gewonnen, welche sich vollkommen rindenblind bez. rindentaub erwiesen, ohne dass sie im Bereiche der übrigen Sinne oder der Bewegungen eine Abnormität darboten. Die andauernde volle Blindheit oder Taubheit verbürgte da, dass die Rindenabschnitte, in welchen die Seh- bez. Hörnervenfasern ihre Endigung hatten, in ganzer Ausdehnung abgetragen worden waren; und da andere Sinnesstörungen, als Seh- oder Hörstörungen, nicht vorhanden waren, konnten Fasern anderer Sinnesnerven nicht in denselben Rindenabschnitten gewesen sein. Nebenbei lieferten ähnliche Versuche, bei welchen nur die Exstirpationen hier oder da am Rande nicht ganz so weit reichten, durch die Spuren oder Reste des Seh- bez. Hörvermögens, welche sich erhalten zeigten, für die Zuverlässigkeit der Grenzen der Sinnessphären, wie ich sie ermittelt hatte, noch besondere Beweise. Ich habe über diese Reihen von Versuchen früher ausführliche Mitteilungen gemacht.

1) Funktions-Lokalisation 21—2.

Doch bin ich dabei nicht stehengeblieben, sondern habe die Frage nach den Sinnessphärengrenzen immer wieder mit Versuchen verfolgt, insbesondere von der Zeit an, da das aseptische Verfahren eine unschätzbare Erleichterung und Verbesserung für die Untersuchungen brachte. Das anfängliche Operieren an der Grosshirnrinde ohne besondere Vorkehrungen gegen die septische Wundinfektion und auch noch das antiseptische Operieren waren mit beträchtlichen Verlusten an Versuchen verbunden, weil die Rinde mehr oder weniger weit über die Exstirpationsstelle hinaus Veränderungen erfuhr und dadurch, wenn nicht gar die Tiere früh starben, die Versuche unrein und unbrauchbar wurden. Es war ein ebenso schwieriges wie wichtiges Erfordernis jeder Untersuchung, dass die unreinen Versuche durch die genaue Verfolgung der zu- und abnehmenden Krankheitssymptome und die sorgfältige Sektion ausfindig gemacht und für die Bestimmung der Funktionen der exstirpierten Partie nicht verwertet wurden; aber das Erfordernis wurde von vielen Seiten überhaupt nicht oder unzureichend beachtet, ja, seine strenge Erfüllung wurde nicht selten als unberechtigte Willkür verurteilt, und daher entstanden tiefgehende Widersprüche, welche nur schwer zu beseitigen waren. Durch das aseptische Operieren sind jene Verluste zwar nicht gänzlich ausgeschlossen, aber in der Zahl äusserst beschränkt; und wenn schon einzelne unreine Versuche vorkommen, so treten sie doch aus den gesamten Versuchen gar zu leicht und zu deutlich in ihrem Unwert hervor, als dass sie Schaden stiften könnten. Für Untersuchungen mit Rindenexstirpationen sollte man deshalb als ein oberstes Gebot das aseptische Operieren gelten lassen, und es ist bei meinen Versuchen fortan immer vorauszusetzen.

Ich hatte gerade die erste Mitteilung¹⁾ meiner neuen Untersuchungen über die Fühlspähren veröffentlicht, als ich das aseptische Verfahren aufnahm, und unterwarf sogleich die dort angegebenen Grenzen der Kopf-, Hals- (Nacken-), Arm- und Beinregion des Hundes und des Affen durch neue systematische Versuchsreihen mit kleinen Exstirpationen einer nochmaligen Prüfung. Abgesehen von der Grenze zwischen Arm- und Beinregion des Hundes, welche in ihrem hinteren Stücke wegen der vielen Venen unklar blieb, erwiesen sich die Grenzen als richtig und scharf. Im Bereiche aller Regionen hatten die Exstirpationen regelmässig Gefühls- und Bewegungsstörungen, nie andere Sinnesstörungen zur Folge; und die Gefühls- und Bewegungsstörungen betrafen, wo die Exstirpation innerhalb einer einzelnen Region sich hielt, immer ausschliesslich denjenigen Körperteil, dessen Namen diese Region trug, und zeigten sich erst dann noch an einem zweiten Körperteile, wenn die Exstirpation in

1) S. oben 11.

dessen Rindenregion hineinreichte. Andererseits kamen nach Exstirpationen im Bereiche der Rindenpartien, welche an die Extremitätenregionen und die Kopfregion nach hinten oder an die Halsregion nach vorn sich anschliessen, solche Gefühls- und Bewegungsstörungen nicht zur Beobachtung, selbst wenn die Exstirpation dicht an die genannten Regionen stiess. Es boten sich dafür, wenn man hinter der Beinregion des Affen operiert hatte, Sehstörungen dar; sonst waren auch andere Sinnesstörungen nicht aufzufinden. Rückte man mit den Exstirpationen hinter der Armregion des Affen allmählich nach vorn bis in die Armregion hinein, so war es geradezu überraschend, wie schon nach einem geringen Ueberschreiten der Grenze Gefühls- und Bewegungsstörungen des Armes sich einstellten.

Bestätigungen dieser Prüfungsergebnisse haben mir später in grosser Zahl die Versuche geliefert, welche meinen fortgesetzten Mitteilungen über die Fühlsphären zugrunde lagen: die Totalexstirpationen beider Extremitätenregionen beim Hunde und beim Affen¹⁾, die Totalexstirpationen der Armregion und die partiellen Exstirpationen der Extremitätenregionen, wie der Armregion beim Affen²⁾. Denn stets hielt ich mich beim Operieren streng an die Grenzen, wie sie meine Abbildungen zeigten, und nie mischten sich, wenn nicht einmal ein Versuch gröblich verunglückte, Gefühls- und Bewegungsstörungen eines Körperteiles, der nicht hatte angegriffen werden sollen, geschweige denn andere Sinnesstörungen ein. Bei den partiellen Exstirpationen stellte sich dazu noch das Interessante heraus, das die enge Zusammenfassung der Nervenfasern an der Grosshirnrinde nach Körperteilen als Prinzip in volles Licht setzte, dass sogar auch innerhalb der einzelnen Region die sensiblen und die motorischen Nervenfasern für jedes Glied der Extremität in einer Gruppe beisammen liegen und die Gruppen so einander folgen, wie die Glieder an einander gereiht sind.

Ich habe ferner die vordere Sehsphärengrenze ins Auge gefasst und zuvörderst beim Hunde die Rindenpartie, innerhalb welcher die Grenze nach meinen Ermittlungen verläuft, nochmals mit kleinen Exstirpationen abgetastet. Wo das hintere Ende der Exstirpation nach dem Sektionsbefunde vor die von mir angegebene Grenze fiel oder etwa an die Grenze heranreichte, waren Störungen am Hunde gar nicht aufzufinden. Dagegen waren Sehstörungen des gegenseitigen Auges nachweisbar (der Hund sah einzelne Fleischstücke auf dem Boden nicht, verlor unter Umständen bewegtes Fleisch aus dem Auge u. dergl. m.), wenn die Exstirpation ein wenig weiter nach hinten sich erstreckte, und war die

1) S. oben 56, 89.

2) S. oben 109 ff.

partielle Blindheit schon grob erkennbar, wenn die Grenze noch mehr überschritten war. Andere Sinnesstörungen waren neben den Sehstörungen nicht zu beobachten. Darnach schiebt sich über die vordere Sehsphären-grenze, bezüglich deren Lage meine Angabe abermals Bewährung fand, eine andere Sinnessphäre nicht in die Sehsphäre hinein. Freilich aber hat sich auch nichts für die Existenz einer Sinnessphäre ergeben, welche vorn an die Sehsphäre angrenzt, da nach den Exstirpationen vor der Sehsphäre, auch wenn sie beiderseitig symmetrisch waren, der Hund das normale Verhalten darbot.

Beim Affen ist die entsprechende Prüfung dadurch erleichtert, dass man für die vordere Sehsphäregrenze einen anatomischen Anhalt hat, da sie mit der Parieto-Occipitalfurchung zusammenfällt. Ist der Hinterhauptslappen durch einen Vertikalschnitt, entlang dieser Furchung unmittelbar hinter der dortigen Vene geführt, an beiden Hemisphären abgetragen, so besteht, wie die Untersucher übereinstimmend fanden und ich auch durch zwei neue Versuche wiederum mich überzeugte, andauernde¹⁾ volle Rindenblindheit ohne anderweitige Sinnesstörungen. Ich habe nun in ansehnlicher Zahl kleine und etwas grössere Exstirpationen der Rinde des Gyrus angularis ausgeführt, welche entweder bis dicht an die Parieto-Occipitalfurchung sich erstreckten oder etwas über die Furchung hinaus in die Hinterhauptslappenrinde übergriffen. In den letzteren Fällen traten immer, mindestens für die ersten Tage nach der Operation, Sehstörungen auf, in den ersteren Fällen waren solche Störungen nicht nachzuweisen; und weder dort, noch hier kamen Gehörs-, Gefühls-, Geruchsstörungen zur Beobachtung. Des weiteren habe ich medialwärts vom Gyrus angularis wiederholt bei den einen Versuchen die vor der Parieto-Occipitalfurchung gelegene Rinde des Gyrus centralis posterior, in den anderen Versuchen die Hinterhauptslappenrinde hinter der Furchung abgetragen, jedesmal in ca. 5 mm Länge und bis dicht an die in der Furchung gelegene Vene heran, die geschont werden muss. Ohne Ausnahme war der Erfolg, dass der Affe bei den ersteren Versuchen auffällige Gefühls- und Bewegungsstörungen am gegenseitigen Fusse ohne eine Spur von Sehstörungen, bei den letzteren Versuchen ausschliesslich hemiopische Störungen zeigte. Demgemäss verhält es sich beim Affen mit der Sehsphäre, wo sie an den Gyrus angularis grenzt, ebenso wie beim Hunde, und schieben sich auch dort, wo die Beinregion der Fühlsphäre und die Sehsphäre zusammenstossen, die Ränder dieser beiden Sinnessphären nicht über einander.

1) Vitzou hat neuerdings bei einem Affen nach $3\frac{1}{2}$ Monaten völliger Blindheit eine Wiederkehr des Sehvermögens beobachtet und als Ursache die Neubildung von Nervenfasern und Nervenzellen angegeben (Arch. de physiologie 1897. 29). Ich habe weder das eine noch das andere je gesehen, auch wenn ich die Hunde und Affen 1—2 Jahre am Leben erhielt.

Mehr Grenzen habe ich bisher der erneuten Prüfung nicht unterzogen. Aber das Beigebrachte ist auch ausreichend, um bezüglich der Sinnessphären, wie der Fühlsphärenregionen das Reden von verschwommenen Grenzen oder über einander greifenden Rändern als unberechtigt darzutun. Wie die neuen Ergebnisse mit den alten übereinstimmen, ist es ausser Zweifel, dass die verschiedenen Sinnessphären und innerhalb der Fühlsphäre die verschiedenen Regionen ganz verschiedene Rindenabschnitte mit scharfen Grenzen sind und wo sie als Nachbarn zusammentreffen, nicht im mindesten sich decken oder zusammenfallen, sondern lediglich an einander stossen.

2.

Anders kann es mit der Behauptung zu stehen scheinen, dass es an der Grosshirnrinde zwischen oder neben den Sinnessphären freie Abschnitte gibt, d. h. Abschnitte, welche nicht Sinnessphären sind; haben ja unter den oben behandelten Versuchen keinerlei Sinnesstörungen sich gezeigt, wenn gewisse Rindenpartien von den Exstirpationen betroffen waren: die Rinde vor der Halsregion beim Hunde und beim Affen, die Rinde hinter den Extremitätenregionen und vor der Sehsphäre beim Hunde und, soweit der Gyrus angularis reicht, auch beim Affen. Doch geben diese Erfahrungen nur eine unzuverlässige Stütze für jene Behauptung ab. Ich hatte dieselben Erfahrungen bereits 1878 bei meiner ersten Durchmusterung der Rinde mittels beschränkter Exstirpationen gemacht und darum auf den ersten Abbildungen, die ich für die Sinnessphären des Hundes an der Konvexität der Hemisphäre gab, die vordere Stirnlappenrinde und die hintere Scheitellappenrinde, die ich nicht zu bewerten wusste, allein unschraffiert gelassen. Ausgezeichnet waren darnach die Rindenpartien ohne Frage. Aber sie konnten, musste man sich sagen, bloss dadurch ausgezeichnet sein, dass ihre Sinnesfunktionen schwerer, als die der übrigen Rinde, zu ermitteln waren, weil es dafür, sei es grösserer Exstirpationen, sei es einer feineren Beobachtung und Prüfung der Tiere bedurfte. Und so habe ich es wirklich bei neuen Untersuchungen zu finden geglaubt, welche mich noch im selben Jahre die Rindenpartien als Regionen der Fühlsphäre hinstellen liessen. Immerhin habe ich mir nicht verhehlt, dass es hier nicht so gut, wie an der übrigen Rinde, um den Nachweis der Funktion bestellt war, und ich habe deshalb diesen Rindenpartien immer weiter mit einer fast ununterbrochenen Folge von Versuchen meine Aufmerksamkeit zugewandt. Bessere Versuchsverfahren und genauere Prüfungen haben mir hier eine Berichtigung, dort eine Erweiterung meiner Angaben gebracht. Aber was sich insgesamt mir ergab, hat mich nur in der Auffassung bestärkt, zu welcher ich zuerst gelangt war.

Die Rindenpartie, mit deren Betrachtung wir beginnen wollen, ist die Rinde des Gyrus angularis beim Affen und die entsprechende, zwischen den Extremitätenregionen und der Kopfregion einerseits und der Sehsphäre andererseits gelegene Rinde beim Hunde, die in meinen Abbildungen¹⁾ mit *F* bezeichnet ist und diese Bezeichnung auch vielfach in der Litteratur weiter behalten hat. Wenn ich diese Rinde in ihrer ganzen oder fast ganzen Ausdehnung an einer Hemisphäre des Hundes oder des Affen exstirpiert hatte, bot das Tier in den meisten Fällen, auch bei sehr genauer Prüfung seiner Sinne, keine Abnormitäten dar. In den anderen Fällen war ein mässiges Tränen des gegenseitigen Auges bemerklich, entweder schon in den ersten Tagen nach der Operation oder erst später, immer aber nur für eine gewisse, nie einige Wochen übersteigende Zeit. Beim Hunde zeigte sich manchmal auch eine Verschiedenheit der Reaktion, wenn man die Conjunctiva des einen und des anderen Auges ganz leicht mit der Nadel oder der (trockenen) Pinselspitze berührte: dem Angriff auf der Seite der Exstirpation folgten neben Blinzeln heftige Bewegungen an Kopf, Hals und gleichseitigem Vorderbein, der Angriff auf der anderen Seite zog auffällig schwächere derartige Bewegungen oder sogar lediglich Blinzeln nach sich. War die Rinde an beiden Hemisphären exstirpiert, so kam beim Hunde wie beim Affen jenes Tränen wiederum zuweilen zur Beobachtung, und zwar hin und wieder an beiden Augen zugleich, öfter ausschliesslich an einem Auge oder wenigstens an dem einen Auge deutlicher als an dem anderen. Anderweitige Störungen waren beim Hunde nicht zu konstatieren. Und ebenso war es manchmal nach der beiderseitigen Exstirpation beim Affen. Anderemal jedoch kamen hier noch weitere Abnormitäten vor, indem der Affe die Augen nicht so weit, wie in der Norm, öffnen konnte, unter Umständen schielte und die gesehenen Objekte schlecht fasste.

Dass diese Uebersicht der Störungen gegenüber derjenigen, welche ich 1878 gab, bei sichtlicher Uebereinstimmung im ganzen und grossen, doch im einzelnen mehrfache Abweichungen zeigt, hat in den natürlichen Mängeln der ersten Untersuchung seinen Grund. Trotz aller Sorgfalt war es mir nicht gelungen, die Versuche mit zu weit ausgedehnter Schädigung der Rinde alle als fehlerhaft auszuschneiden, und so schrieb ich unserer Rindenpartie einen Einfluss auf das Blinzeln zu, den sie in der Wirklichkeit nicht besitzt. Andererseits reichte die verhältnismässig doch nur kleine Zahl der brauchbaren Versuche, die ich damals gewonnen hatte, nicht aus, um die Störungen richtig zu erkennen, deren Feststellung auf besondere Schwierigkeiten stösst, wie schon aus der Uebersicht sich entnehmen lässt und ein näheres Eingehen auf die Störungen sogleich noch weiter zeigen wird.

1) Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1878. 552. — Grosshirnrinde 50.

Ich hatte 1878 nach der einseitigen Rindenexstirpation die Empfindlichkeit der Conjunctiva geprüft und auf der Gegenseite verringert gefunden. Beim Affen konnte ich darüber nicht mehr Erfahrungen sammeln, weil die Tiere die Prüfungen durch ihre Wildheit unmöglich machten oder, wenn sie sich schon in Ruhe halten liessen, durch ihre Apathie vereitelten. Beim Hunde aber, der fast immer die Prüfungen zulässt, habe ich noch häufig die geringere Empfindlichkeit der gegenseitigen Conjunctiva auf die angegebene Weise von neuem konstatiert. Freilich gesellten sich zu den positiven Ergebnissen an demselben Hunde auch negative und trat bei einer ganzen Anzahl von Hunden die Verschiedenheit der beiden Augen überhaupt nicht hervor; aber diese Inkonstanz der Prüfungserfolge konnte nicht irre machen, da sie ihre einfache Erklärung darin fand, dass es bei der groben Prüfungsweise in vielen Fällen nicht gelang, die Reizung in der erforderlichen Schwäche zu gestalten. Erwägt man dazu, dass die geringere Reaktion immer bloss auf der der Exstirpation gegenüberliegenden Seite auftrat und am normalen Tiere nur selten eine so geringe Reaktion sich zeigt, so darf man es als durch die Erfahrungen gesichert ansehen, dass unsere Rindenexstirpation die Empfindlichkeit des gegenseitigen Auges herabsetzt.

Dafür tritt dann auch noch eine andere unserer Störungen ein. Bei Hunden, die unversehrt oder andersartig am Hirn operiert lange im Stall gehalten wurden, habe ich wohl gelegentlich ein Tränen eines oder beider Augen gesehen, nie aber bei Affen, ausser wenn diese Tiere Krämpfen verfallen oder dem Tode nahe waren. Schon deshalb lässt sich das Tränen, das nach unseren Rindenexstirpationen sich einstellte, nicht lediglich dem Zufall zuschreiben, und erst recht geht es nicht an, weil, wo die Exstirpation einseitig war, bloss das gegenseitige Auge trännte. Aber auf der anderen Seite kann das Tränen auch nicht eine unmittelbare Folge unseres Eingriffs sein, weil es nicht nur nicht immer, sondern eher verhältnissmässig selten und dabei ganz unregelmässig in der Zeit, bald früher bald später nach der Operation, zur Beobachtung kam, während doch ein häufiges Uebersehen desselben durch die Einfachheit der Beobachtung und durch die Aufmerksamkeit, welche ich den Augen widmete, sicher ausgeschlossen war. Lässt sich daher das Tränen nur als eine mittelbare Folge unseres Eingriffs auffassen, so bietet es sich als das Nächstliegende dar, das Tränen davon abzuleiten, dass das Auge weniger empfindlich und infolgedessen der gelegentlichen traumatischen Reizung durch Fremdkörper mehr ausgesetzt war.

Die Störung im Oeffnen der Augen machte sich bei vielen Affen gar nicht bemerklich oder so wenig, dass man über ihr Vorhandensein im Zweifel blieb; bei anderen Affen aber war es auffällig, wie die vorher grossen Augen nach der beiderseitigen Exstirpation unserer

Rindenpartie kleiner erschienen. Die Lage des Augapfels war dabei nicht verändert, der Augapfel nicht etwa zurückgetreten, sondern die Lidspalte wurde nicht mehr so gross wie früher gesehen, weil das obere Lid nie mehr so hoch gehoben wurde. Die verschiedenen Affenarten schienen für die Beobachtung ungleich geeignet zu sein, am geeignetsten *Macacus Rhesus*. Dieser Affe gestattete zudem durch seine Eigenart noch eine besondere Konstatierung. Glauben sich die Tiere bedroht oder werden sie zornig, so reissen sie nach Art des Menschen unter Vorbeugung des Oberkörpers und Streckung der Wirbelsäule, aber oft auch ohnedies, so weit als nur möglich die Augen auf, wie wenn sie den Gegner schrecken wollten. Nach der Rindenexstirpation war das vorherige so weite Aufsperrn der Augen nicht mehr zu sehen.

In den Bewegungen und Stellungen der Augen waren auch nach der beiderseitigen Exstirpation manchmal keine Abnormitäten zu finden. Doch zeigten sich solche in anderen Fällen, wenn die Aufmerksamkeit des Affen auf ein nahes Objekt gelenkt wurde. Brachte man gerade vor den Augen des Affen, der ruhig sass oder am Gitter des Käfigs hing, ein kleines Mohrrübenstück zwischen den Fingern heran, und hielt man es so fest, dass der Affe etwas daran hantieren musste, ehe er es nehmen konnte, so blieb die Konvergenzbewegung der Augen, welche der normale Affe zeigt, aus, oder es trat für eine kurze Zeit ein deutlicher Strabismus convergens auf. Auch liess sich ein solches Schielen oft beobachten, wenn man das Mohrrübenstückchen zur Seite des Affen heranbrachte, so dass dieser den Blick nach rechts oder links und am besten zugleich nach oben richten musste. Da ein zentrales Scotom erweislich nicht bestand, ist zu schliessen, dass die Fähigkeit zu fixieren durch den Eingriff geschädigt war.

Die letzte Störung sprang, wo sie vorhanden war, im Gegensatze zu den eben besprochenen Störungen in die Augen, da der beiderseitig operierte Affe die kleinen Nahrungsstücke am Boden des Käfigs, selbst ein Reis- oder Haferkorn, statt mit den Fingerspitzen, mit der ganzen Hand und sogar mit dem Munde aufnahm. Das Fassen mit dem Munde erfolgte in der ersten Zeit nach der Operation recht häufig und später seltener, doch hin und wieder auch noch nach Monaten; der Mund erreichte dabei schon, bevor er an das Nahrungsstück gekommen war, den Boden und wurde dann horizontal an das Stück herangeschoben. Die Hand fasste stets so, dass sie ganz flach, die Finger adduziert, auf das Nahrungsstück gelegt und darauf zur Faust geschlossen wurde. Die ersten Male, dass der Affe sich vom Boden des Käfigs auf die Stange schwingen wollte, fuchtelte er mit dem erhobenen Arm erst etwas in der Luft um die Stange herum, ehe er diese mit der Hand fasste; und ebenso fuchtelte er wieder, um zurück auf den Boden zu gelangen, mit

der vorgestreckten Hand erst mehrmals nahe der Käfigwand hin und her, ehe er die Hand als Stütze anlegte. Dasselbe liess sich später abermals beobachten, wenn man den Affen in einen grösseren Käfig versetzte. Legte man ein Mohrrübenstückchen auf den Querbalken, welcher die Gitterstangen des Käfigs in halber Höhe verband, so schob der Affe, der dahinter auf der Stange sass, sofort den Arm mit flacher Hand vor; aber die Hand ging, die rechte rechterseits, die linke linkerseits am Stückchen vorbei ansehnlich über dasselbe hinaus nach vorn und unten und weiter die rechte Hand nach links, die linke nach rechts, bis sie rasch geradeswegs oder mit einigem Hin und Her zurückgezogen wurde. Geriet die Hand auf dem Rückwege an das Stück, so klappte sie sofort zu und führte das Stück gut zum Munde. In der Regel aber kehrte die Hand leer zurück, und dann wiederholte sich das Vorführen des Armes mehrmals in gleicher Weise. Schliesslich ging der Affe mit dem Kopfe nach vorn und unten, kam jedoch auch mit diesem nicht richtig, sondern etwas zu weit hinten und zu tief an und hob den Kopf und schob ihn vor, bis er das Stück mit dem Munde oder der herausgestreckten Zunge erreichte. Wurde die Prüfung oftmals und von Tag zu Tag am Querbalken wiederholt, so langten Hand und Mund mit der Zeit immer näher am Stück an, und endlich wurde das Stück zuerst vom Munde, dann von der flachen Hand unmittelbar gefasst. War die Prüfung am Querbalken einige Zeit ausgesetzt worden, so zeigte sich bei ihrer Wiederaufnahme wieder ein schlechteres Treffen des Stücks, ein desto schlechteres, je länger die Pause gedauert hatte. Legte man, wenn der Affe von der Stange aus das Mohrrübenstück auf dem Querbalken schon gut traf, vor dem am Boden hinter dem Gitter sitzenden Affen ein Mohrrübenstück auf das vorspringende Bodenbrett ausserhalb des Gitters, so zeigte sich alles gerade so, wie bei der ersten Prüfung am Querbalken; und die ganze Reihe der weiteren Beobachtungen am Querbalken liess sich nunmehr nochmals am Bodenbrett machen. Ebenso wiederholte sich alles, wenn man zur Zeit, da der Affe auf Querbalken und Bodenbrett gut traf, die Mohrrübenstückchen auf der dem Affen zugewandten Spitze einer langen Nadel vor dem Gitter hielt. Nur fasste die Hand, über das Stück hinausgegangen, die Nadel, auf die sie stiess; und dann verschob der Affe gewöhnlich diese Hand an der Nadel rückwärts bis zum Stück, manchmal führte er den Mund oder die andere Hand heran, die nach den anfänglichen Verfehlungen das Stück nahmen. Und so hatten auch andere derartige Prüfungen immer im wesentlichen gleiche Ergebnisse. Es verdient nur noch eine besondere Bemerkung, dass ich nie den Affen mit dem Munde so, wie mit der Hand, über das Mohrrübenstück hinausgehen oder mit der Hand so, wie mit dem Munde, zunächst hinter dem Stück zurückbleiben sah. Einen dieser Affen

ausserhalb des Käfigs an der langen Kette zum Klettern oder Springen zu bewegen, ist mir nicht gelungen.

Natürlich ist es der erste Gedanke, wenn man den Affen zum Fassen des kleinen Objektes den Mund statt der Hand benutzen und beim Greifen mit der ganzen Hand fehlgehen sieht, dass die Rinde über den Gyrus angularis hinaus nach hinten in die Sehsphäre, nach vorn in die Armregion hinein verletzt sei. Doch das war bei den gelungenen Versuchen, auf welchen die obige Schilderung beruht, nicht bloss nach Ausweis der Sektion, sondern auch nach allen Beobachtungen und Prüfungen nicht der Fall. Ein Defekt im Gesichtsfelde eines oder beider Augen war ausgeschlossen, da der Affe jedes kleinste Nahrungsstück, wo es auch sich befand oder auftauchte, sofort sah und es nicht aus dem Auge verlor, wenn es rasch vorübergeführt oder geworfen wurde. Auch wandte der Affe nie suchend den Kopf hin und her, ehe er den Arm zum Greifen in Bewegung setzte, noch tappte er mit der Hand, die Finger gespreizt, herum, bis er schliesslich das Stück mit den Fingerspitzen fasste, wie man das eine und das andere bei partiell rindenblinden Affen sieht. Ebensowenig war eine Schädigung der Berührungsempfindlichkeit und der Bewegungsfähigkeit von Hand und Fingern zu konstatieren. Der Affe ging, kletterte und kratzte ohne jede Abnormität und vollführte alle Hand- und Fingerbewegungen, selbst die verwickeltsten und unter Umständen gerade diejenigen, welche ihm abzugehen schienen, nicht anders als in der Norm, ohne auch nur die kleinste Unbeholfenheit. Hielt ich vor dem Affen ein Mohrrübenstückchen zwischen meinen Fingern eingeklemmt, so fasste seine Hand, über das Stück hinausgegangen, die meinige und schob sich an dieser rückwärts, bis sie das Stück umgab; dann wurden die Fingerspitzen an das Stück gelegt, es begann das prächtige Spielen von Hand und Fingern, durchaus wie in der Norm, bis es dem Affen gelungen war, das Stück mir zu entwinden oder einen Teil desselben mit den Nägeln abzukneifen, und die Beute wurde in der normalen Weise zwischen den Fingerspitzen zum Munde geführt. Hatte der Affe ein grösseres Mohrrüben- oder Reisstück in den Mund gebracht und drohte nach dem Abbeissen oder beim Kauen ein Teilstück herauszufallen, so führte der Affe die Hand an den Mund, fasste das Teilstück normal mit den Fingerspitzen und schob es entweder sogleich in den Mund hinein oder nahm es heraus und hielt es zwischen den Fingerspitzen, bis er es wieder in den Mund brachte. Nie kam es hierbei oder sonst je vor, dass die Hand nicht auf dem kürzesten Wege zum Munde ging und diesen genau traf. An dem Affen war also die Fähigkeit, mit den Fingerspitzen zu fassen, unversehrt; und wenn er nicht von ihr Gebrauch machte, wo es ein Objekt zu fassen galt, das er im Raume vor sich

sah, so war der Grund nur darin zu suchen, dass das Greifen mit ganzer Hand oder Mund dort mehr zweckentsprechend war. Indem er auch so noch oft nicht traf, sondern zu weit oder zu kurz griff, kam die Störung zum Ausdruck, aus welcher alle anderen Erscheinungen abzuleiten waren, die Störung, dass er die Lage des Objektes in der Tiefe des Gesichtsfeldes nicht richtig erkannte. Natürlich war der Affe, indem er das Objekt in den Augen behielt, die Bewegungen zu kontrollieren und zu korrigieren imstande; und so konnte er bei der langsamen Bewegung des Kopfes, da er, sobald der Kopf zu weit vorwärts ging, das Objekt aus den Augen verlor, mit dem Munde nur hinter dem Objekte anlangen. Bei dem raschen Vorstrecken der Hand aber kamen die Korrekturen zu spät, als dass sie die abnorme Bewegungsintention und damit die Störung, die ihr zugrunde lag, nicht weniger verfälscht hervortreten liessen. Jedenfalls hatte der Affe das Gefühl vom Grade der Konvergenz der Augen verloren, das ihm vor der Verstümmelung die Kenntnis des Abstandes des fixierten Objektes verschafft hatte; und in Anbetracht der vorher behandelten Störung konnte es ja auch nicht anders sein, als dass ihm das Gefühl fehlte, weil die Konvergenzbewegung sich nicht mehr wie in der Norm vollzog.

Aufzuklären bleibt, weshalb die Störung nur manchmal, nicht immer auftrat, obwohl doch eine Schwierigkeit der Beobachtung oder des Nachweises, wie bei den anderen Störungen, hier nicht bestand. Es verlangt dafür Beachtung, dass die Rinde des Gyrus angularis wohl günstigstenfalls, wie ich sagte, in der ganzen Ausdehnung des Gyrus exstirpiert war, aber von einer so vollkommenen Abtragung der Rinde, wie bei der Totalexstirpation der Sehsphäre oder der Extremitätenregionen, nicht die Rede sein konnte. Um die Gefahr abzuwenden, dass die unter der Rinde hinziehenden Radiärfasern des Hinterhauptslappens geschädigt wurden, durfte nicht tief exstirpiert werden; und wenn auch in einer Anzahl von Versuchen die graue Substanz, die auf der Schnittfläche an der Parallelfurche sichtbar war, noch nachträglich herausgeschnitten wurde, so blieb doch im hinteren Teile des Gyrus stets graue Rinde, und zwar in wechselnder Menge zurück. Der Eingriff war mithin bloss im groben immer derselbe, im feineren bot er wesentliche Verschiedenheiten dar, und deshalb ist es nur zu gut begreiflich, dass manchmal die Störung ausblieb, die anderemal vorhanden war. Auch bei den vorher behandelten Störungen wird man es zum Teil auf die Schwankungen des Eingriffs zurückführen dürfen, dass sie nicht in jedem Falle sich einstellten; und man wird es der Unvollkommenheit der Exstirpation zuzuschreiben haben, dass die Störungen zuweilen nur für eine gewisse Zeit nach der Exstirpation zur Beobachtung kamen und später nicht mehr deutlich zu erkennen waren.

Nehmen wir alles zusammen, so hat sich, soweit überhaupt Abnormitäten bemerkbar waren, als Folge der einseitigen Exstirpation unserer Rindenpartie die Herabsetzung der Empfindlichkeit des gegenseitigen Auges ergeben und als Folge der beiderseitigen Exstirpation weiter noch die Unfähigkeit, die oberen Augenlider so hoch wie normal zu heben, ferner normal zu fixieren und die Lage der Objekte in der Tiefe des Gesichtsfeldes zu erkennen. Diese Störungen sind am Auge der Art nach durchaus entsprechend den Gefühls- und Bewegungsstörungen, welche nach der Exstirpation der Extremitätenregionen an Arm und Bein, nach der Exstirpation der Kopfregion am Kopfe, der Halsregion am Halse sich finden; und sie geben daher die Rinde des Gyrus angularis beim Affen und die Rindenpartie *F* beim Hunde gleichfalls als eine Region der Fühlsphäre zu erkennen, als die Augenregion.

Bewegungen der nächsten oder sogar aller Glieder an. Dauert die Reizung länger an oder ist sie stärker, so tritt regelmässig die aktive Bewegung mehrerer Glieder ein. Doch verhält sich so alles nur dann, wenn die Extremitäten frei beweglich sind. Hält man Ellbogen oder Knie fest, so bewegt sich die Wirbelsäule bei Reizung der Armregion in ihrem vorderen, bei Reizung der Beinregion in ihrem hinteren Teile: das Wirbelsäulestück krümmt sich konvex nach der Seite der ungereizten Hemisphäre und dreht sich zugleich nach der Brust- oder der Rücken- seite oder abwechselnd nach der einen und der anderen Seite hin. Ebensolche Bewegung der Wirbelsäule gesellt sich auch zu der Bewegung von Arm oder Bein hinzu, sobald die letztere Bewegung durch Reibung am Boden oder andere Widerstände eine Hemmung erfährt. Immer aber kommt dabei die Bewegung der Wirbelsäule lediglich durch die Tätigkeit der Extremitätenmuskeln zustande, während die Muskeln der Wirbelsäule, wie man sich durch ihre Blosslegung überzeugt, in Ruhe verharren. Erst wenn die mässige Reizung noch länger dauert oder wenn man mit starken Induktionsströmen reizt, geraten auch die Wirbelsäulemuskeln in Tätigkeit, und zwar nicht bloss auf der Seite der betroffenen Extremität, sondern auch auf der Gegenseite, nicht bloss am vorderen oder am hinteren Teile, sondern an beiden Teilen der Wirbelsäule zugleich, welche sich in der mannigfaltigsten Weise beugen und strecken, drehen und krümmen. Und da alsdann die Bewegungen der betroffenen Extremität sich mehrfach in wechselnder Form wiederholen und im Falle der Reizung der Armregion zugleich am Beine, im Falle der Reizung der Beinregion zugleich am Arme aktive Bewegungen auftreten, mit einem Worte epileptische Erscheinungen sich zeigen, hat man es nicht mehr mit einer auf die Gegend der Reizelektroden beschränkten, sondern mit einer von dorthier ausgebreiteten Erregung der Rinde zu tun.

Nach diesen meinen Erfahrungen haben die HH. Horsley und Schäfer diejenigen Bewegungen des Rumpfes, welche durch die Extremitätenmuskeln, und die anderen, welche durch die Rumpfmuskeln zustande kommen, nicht genügend auseinandergehalten. Sie haben niemals von irgendeiner Stelle ihres Rumpfgebietes aus durch Reizung die Tätigkeit ausschliesslich von Rumpfmuskeln oder Bewegung der Wirbelsäule allein herbeigeführt. Ihre weitestgehende Angabe lautet dahin, dass bei Reizung nahe der Mitte der reizbaren Partie des Gyrus marginalis „die hauptsächlich oder primär betroffenen Muskeln die des Rumpfes waren (erector spinae, Abdominalmuskeln usw.)“¹⁾. Und wo sie die Reizerfolge genauer schildern²⁾, findet man „Drehung und Krümmung

1) Proceed. of the R. Soc. of London 36. 439.

2) E. A. Schäfer, Ueber die motorischen Rindenzentren des Affen-Gehirns.

der Wirbelsäule“ wohl von vier Reizstellen (5A, 6A, 5B, 6B) aus erzielt, aber dreimal als sekundäre Bewegung nach der Extremitätenbewegung und nur im Falle 6A als primäre Bewegung aufgeführt. Solche Grundlage gewährte ihnen keine Berechtigung, auf ihren Abbildungen 1887 und 1888 ein besonderes abgegrenztes Rumpfgebiet zwischen ihren Arm- und Beingebieten, gleichwertig meinen Arm-, Bein-, Kopf- und Halsregionen, darzustellen¹⁾. Höchstens durften sie, wie sie es in Wort und Abbildung 1884 taten²⁾, ein Rumpfgebiet annehmen, gänzlich verdeckt durch das Uebergreifen vorn des Arm-, hinten des Beingebietes. Doch auch diese Annahme ist unrichtig. Denn wenn bei den in Rede stehenden Reizungen von vorneherein oder früh eine Bewegung der Wirbelsäule eintritt, so erweist sie sich als durch die Extremitätenmuskeln herbeigeführt; und überhaupt werden immer Extremitätenmuskeln tätig, während es zu Kontraktionen von Wirbelsäulemuskeln nur dann kommt, wenn von einer örtlich beschränkten Erregung nicht mehr die Rede sein kann.

Ebenso tun den Irrtum der HH. Horsley und Schäfer die Exstirpationsversuche dar, die ja überall noch eine zuverlässigere Auskunft geben, als die Reizversuche. Ich brauchte mich dafür nur auf die Totalexstirpationen der Extremitätenregionen beim Affen zu berufen, die einseitigen und die beiderseitigen, welche ich früher ausführlich behandelt habe³⁾. Denn diese grossen Exstirpationen schlossen immer die Exstirpation des Gyrus marginalis mit ein⁴⁾, und ihre Folgen waren lediglich Störungen der Extremitätenbewegungen, nicht solche der Rumpfbewegungen. Aber es erscheint mir einerseits nicht angezeigt, bloss mittels so viel schwierigerer Versuche den wahren Sachverhalt bei den verhältnismässig leichten Versuchen am Gyrus marginalis zu erweisen, andererseits kommt es darauf an, die Quelle des Irrtums unmittelbar klarzustellen. Ich ziehe deshalb hier zur Stütze die Exstirpationen des Gyrus marginalis heran, die ich oftmals ein- und beiderseitig ausgeführt habe⁵⁾.

Die HH. Horsley und Schäfer⁶⁾ lassen die beiderseitige Ex-

Beiträge zur Physiologie, Festschrift für C. Ludwig. Leipzig 1887. 278—9. — Vergl. auch Proceed. 440—41.

1) Phil. Transact. of the R. Soc. of London **179** (1888), B. 6; 10. — Schäfer, a. a. O. 285.

2) Proceed. 440—41.

3) S. oben 56 ff.

4) Vergl. noch oben 19—20.

5) Die Versuchsreihe ist noch, wie die von Horsley und Schäfer, mit antiseptischem Verfahren 1890—91 gemacht. Nach einigen neueren Versuchen zu schliessen, würde bei aseptischem Verfahren die Zahl der verunglückten Versuche (s. die Folge im Text) wesentlich kleiner gewesen sein.

6) Phil. Tr. **179**. 13—15.

stirpation des Gyrus marginalis in der Ausdehnung meiner Arm- und Beinregion beim Affen zur Folge haben: „vollkommene Paralyse der Rumpfmuskeln, etwas Parese der Arme und sehr ausgedehnte Paralyse der Beinmuskeln“. Die Parese der Arme betreffe hauptsächlich einige Schultermuskeln, die Paralyse der Beine fast alle Muskeln, auch die, welche das Bein mit dem Rumpf verbinden, mit Ausnahme gewisser Beuger der Hüfte — wahrscheinlich des Iliopsoas und des Tensor vaginae femoris. Haltung und Allgemeinercheinung des Affen sind, sagen sie, „sehr auffallend“ (striking), was sie auch durch die Abbildung eines solchen Affen belegen. „Statt aufzusitzen mit etwas gekrümmtem Rücken, wie in der Norm, liegt der Affe auf dem Bauche, die Beine und Füße ausgestreckt (höchstens die Hüften gebeugt), den Rücken flach, den Schwanz gerade und bewegungslos, die Arme vorgeführt, um nach einem benachbarten Objekte zu greifen. . . Das Tier stützt sich häufig auf seine Ellbogen, nimmt aber nie die normale sitzende Haltung an. Hat der Affe das Verlangen aufzusitzen, so kann er nur dazu kommen, indem er sich in die sitzende Stellung mit seinen Armen und Händen zieht und sich mit diesen an den Stäben des Käfigs oder irgendeinem benachbarten Objekte festhält. Wird ihm der Halt entzogen, so fällt er sogleich um. Vorwärtsbewegung kommt fast ganz durch die Arme zustande, indem der Affe sich mit deren Hülfe fortzieht, unterstützt durch die Beugung, welche an den Hüften erfolgt; die Beine werden ganz schlaff am Boden nachgeschleppt, die Rückenfläche der Zehen dem Boden zugewandt.“ . . . „Die Folgen der einseitigen Exstirpation“, hören wir weiter, „sind vollkommen gut ausgesprochen, aber weit weniger auffallend. Das rührt daher, dass das Tier fähig ist, eine nahezu normale Haltung anzunehmen und beizubehalten; zweifellos weil dafür die Tätigkeit der Muskeln auf der einen Seite der Wirbelsäule ausreicht. Die Drehung des Rumpfes nach der der Hirnverletzung entgegengesetzten Seite scheint doch mangelhaft zu sein, und die Paralyse des gegenseitigen Beines ist immer sehr deutlich.“

Nach diesen Ausführungen, zu welchen die angehängten Versuchsprotokolle keine Ergänzung weiter bringen, war, was den HH. Horsley und Schäfer die Paralyse der Rumpfmuskeln und damit das Rumpfgebiet im Gyrus marginalis ausser Zweifel stellte, unverkennbar die „sehr auffallende“ Haltung des beiderseitig operierten Affen. Man sieht nun in der Tat nach jeder Exstirpation beider Gyri marginales in der Ausdehnung meiner Arm- und Beinregion den Affen der Schilderung entsprechend flach auf dem Bauche liegen usw. Aber dass es bei der Haltung des Affen bleibt, wie es die HH. Horsley und Schäfer angeben, trifft nur für einen Teil der Versuche zu. In den anderen Versuchen verliert sich die Haltung mehr und mehr, zuerst für kurze, dann

für längere Zeiten und endlich gänzlich, indem der Affe wieder läuft, geht und steht, und führt dies alles der Affe mit der Zeit immer besser aus, bis er sich vom normalen Affen lediglich durch gewisse Ungeschicktheiten in den Bewegungen und Stellungen der Extremitäten und durch die Unfähigkeit, die normale Sitzstellung anzunehmen, unterscheidet.

Natürlich fällt die Rindenscheibe, die man an der medialen Fläche der Hemisphäre exstirpiert¹⁾, nicht immer gleich dick aus; aber ob so der Umfang der Exstirpation etwas grösser oder kleiner war, ist für den Verlauf der Versuche nicht von wesentlicher Bedeutung. Nicht nur finden sich unter den ersteren Versuchen solche, bei welchen die abgeschnittenen Rindenscheiben gerade sehr dünn waren, sondern es reihen sich sogar den letzteren Versuchen noch Fälle an, in welchen absichtlich ausser dicken medialen Rindenscheiben auch benachbarte Rindenpartien an der Konvexität der Hemisphären exstirpiert wurden. Entscheidend für den Erfolg erweist sich einzig und allein, ob und wie der Affe den operativen Eingriff übersteht. Kommt es nicht zur Erholung und Heilung, so behält der Affe die anfängliche Haltung bei, bis er nicht lange nach der Operation zugrunde geht. Genest dagegen der Affe, so behält er für sein ferneres Leben bloss die Ungeschicktheiten der Extremitäten und das Fehlen der Sitzstellung als bleibende Folgen des Eingriffs zurück.

Damit liegt aber auch gar nichts anderes vor, als was ja altbekannt und oft genug erörtert ist²⁾: dass die Rindenexstirpation zunächst grössere Störungen nach sich zieht, als dem Verluste der entfernten Rinde entspricht, weil durch Quetschung, Zirkulationsstörung, Reizung usw. unbeabsichtigte Schädigungen des Zentralnervensystems entstehen, und dass deshalb die Folgen jenes Verlustes erst dann rein sich ergeben, wenn diese Schädigungen sich mit der Zeit abgeglichen haben. Es kommt nur zu solcher Abgleichung und überhaupt zur Genesung des Affen nach beiderseitiger Exstirpation des Gyrus marginalis weniger häufig, als nach beiderseitiger Exstirpation von Partien der Extremitätenregionen oder der Kopfgregion, welche an der Konvexität der Hemisphäre gelegen sind. Die Gründe dafür sind klar ersichtlich. Einmal heilen die Wunden in der Tiefe zu beiden Seiten der Falx schlechter und treten gerade hier öfters Rindenreizkontrakturen auf, wie ich sie früher beschrieb³⁾. Fibrilläre, klonische, tonische Krämpfe stellen sich bald, zuweilen schon

1) Mein operatives Vorgehen entsprach mit den selbstverständlichen Beschränkungen demjenigen, welches ich für die Totalexstirpation der Extremitätenregionen beschrieben habe (s. oben 19—20).

2) Vergl. Grosshirnrinde 77; oben 27 ff.

3) S. oben 78, 156.

vom Tage nach der Verletzung an, in Arm- und Beinmuskeln ein, und zwar immer in Muskeln, welche von der stehengebliebenen Rinde in der Nachbarschaft der Exstirpationsstellen aus durch elektrische Reizung hätten in Tätigkeit gesetzt werden können; und diese Krämpfe verhindern, indem sie mit wechselnder Intensität andauern, dass der Affe wieder wesentlich an Bewegungsfähigkeit gewinnt, ehe er in 3—4 Wochen erliegt. Zweitens ist auch der Affe, wenn er nicht von vorneherein recht kräftig und lebhaft war, schon dadurch gefährdet, dass er durch die beiderseitige Exstirpation des Gyrus marginalis zunächst die schwerste Einbusse an Beweglichkeit erfährt, da er nicht die Beine zu steifen und sich aufzustellen vermag, und für 1—2 Tage zur Bauchlage verurteilt ist. Die Abkühlung, die unzureichende Nahrungsaufnahme und die schlechte Verdauung, welche damit verbunden sind, lassen den Affen öfters so rasch an Kräften abnehmen, dass er schon am 2. oder 3. Tage nur seltene und schwache Versuche aufzustehen und zu gehen machen kann, später sogar alle Strampelbewegung unterlässt und in etwa 8 Tagen zugrunde geht.

Sehr schön lässt sich klarstellen, wie die Einschränkung der Extremitätenbewegungen die Bauchlage erzwingt und damit die Wiederherstellung des Affen beeinträchtigt, wenn man neben den Versuchen mit Abtragung der Gyri marginales auch Versuche anstellt, bei welchen man ausserdem noch die benachbarten Rindenpartien im Bereiche der Armregionen exstirpiert. Am Arme ist die Muskulatur der obersten Glieder viel weniger vom Gyrus marginalis abhängig, als am Beine, und daher sieht man nach der beiderseitigen Entfernung dieses Gyrus allein den Affen am nächsten Tage, wenn er nicht gar schon läuft und geht, jedenfalls auf Ellbogen und Hände sich stützen und mit den Armen sich vorwärts bewegen. Hat aber die Exstirpation auch noch die Konvexität der Hemisphären in einiger Ausdehnung betroffen, so vermag der Affe zur selben Zeit die Arme ebensowenig zu steifen wie die Beine, so dass er mit der Brust, wie mit dem Bauche, dem Boden aufliegt, und er kann nur strampeln, nicht vorwärts kommen. Ja, es genügt schon, dass der Angriff der Konvexität an einer Hemisphäre erfolgt ist, damit durch die Unfähigkeit, mit dem gegenseitigen Arme sich vom Boden zu erheben, die Vorwärtsbewegung des Affen verhindert ist. Die letzteren Affen gehen dann auch viel öfter unter Andauer der Bauchlage noch innerhalb der ersten Woche zugrunde, als die Affen, die bloss die Gyri marginales verloren haben.

Die Schilderung, welche die HH. Horsley und Schäfer vom Verhalten des Affen nach der beiderseitigen Exstirpation des Gyrus marginalis gegeben haben, entspricht demnach lediglich den Erfahrungen bei verunglückten Versuchen, bei Versuchen, welche unbrauchbar sind, weil

es nicht zur Erholung und Genesung des Affen kommt. Und derart waren auch offenbar ihre vier hierhergehörigen Versuche¹⁾; denn bei den Versuchen 19 und 20 — für letzteren haben sie die Abbildung des Affen gegeben! — trat der Tod schon am 9. oder 8. Tage ein, bei Versuch 21 zeigte der Affe Kontrakturen und starb am 27. Tage, bei Versuch 23 überlebte der Affe nur 4 Wochen die Operation. Was uns für Versuch 23 als Protokoll geboten wird, sagt allerdings nichts von Kontrakturen, aber es wiederholt auch nur in Kürze die Angaben des Textes²⁾, die für die ersten Tage zutreffen, und schweigt gänzlich vom Verhalten des Affen während der folgenden Wochen³⁾. Will man noch den Versuch 22 heranziehen, bei welchem zuerst der eine und nach 8 Tagen der zweite Gyrus marginalis exstirpiert wurde und der Affe 3 Monate lebte, so stösst man auf ein ganz unzureichendes Beobachten. Dass der Sektionsbefund fehlt, weil der Affe in den grossen Ferien starb und das Gehirn bei der Herausnahme verletzt wurde, darauf wollen wir nicht Gewicht legen. Wir hören, dass bei dem Affen, der zuerst „die gewöhnlichen Paralysen“ zeigte, „später sich Steifigkeit in beiden Beinen und im Schwanze entwickelte“; und weiter heisst es: „Wenn auch die Bewegungen des Affen nach einiger Zeit viel lebhafter wurden als zuerst, so war daran die Uebung der nicht affizierten Muskeln schuld; an den Muskeln, deren Paralyse durch die Operation herbeigeführt war, trat keine Wiederherstellung ein“. Also hat dieser Affe, ehe er Kontrakturen — und zwar diesmal Spät- oder Defektkontrakturen⁴⁾ — verfiel, mit der Zeit sehr an Beweglichkeit gewonnen, wie kein anderer der Affen; und dass trotzdem bloss so dunkle und gewundene Angaben über die Zunahme der Beweglichkeit gemacht sind, lässt denken, dass die Zunahme gar nicht genau verfolgt worden ist. Ich darf es nach meinen vielen Erfahrungen mit aller Bestimmtheit vertreten, dass dieser Affe zur Zeit der grossen Beweglichkeit nicht in der Bauchlage verblieben, und dass er gelaufen sein wird.

Stünde es aber auch anders, bliebe es selbst regelmässig bei der „sehr auffallenden“ Haltung des Affen nach dem Verluste beider Gyri

1) Phil. Tr. 179. 31—3.

2) S. oben 182.

3) Das Protokoll lautet: „Result. — The usual symptoms produced by this lesion, i. e. complete paralysis of trunk and almost complete of legs, but with power to flex hips. Drags itself about by arms. Unable to sit up, but props itself up by aid of arms. The animal lived four weeks after the operation.“ Nimmt man dazu das oben über Versuch 22 Angeführte, so wird man ermessen, mit welchem Rechte Horsley und Schäfer mir gegenüber den Wert der Mitteilung der Versuchsprotokolle betonen (ebenda 18). Ich schätze allerdings mehr die Genauigkeit und Umsichtigkeit der Untersuchung und ihrer Darlegung.

4) S. oben 79, 158.

marginales, so würde es doch noch unrichtig sein, dass alsdann „eine vollkommene Paralyse der Rumpfmuskeln“ besteht. Man kann allenfalls solchen Eindruck haben, solange man den Affen bloss flach auf dem Bauche liegen und sich mühsam mit den Armen vorwärts ziehen oder auf den Knien vorwärts schieben sieht. Sobald jedoch Strampelbewegungen eintreten oder, z. B. durch Umlegen des Affen auf den Rücken oder durch Druck auf Hand oder Fuss, herbeigeführt werden, zeigen sich die normalen Bewegungen der Rumpfwirbelsäule und auch des — nach den HH. Horsley und Schäfer bewegungslosen — Schwanzes. Und diese Bewegungen kommen nicht bloss so als Gemeinschaftsbewegungen¹⁾, sondern auch als isolierte Bewegungen zur Beobachtung. Jeder Zweifel ist ausgeschlossen, wenn man sich an Affen hält, die dadurch, dass man auch die benachbarten Partien der Armregionen an der Konvexität der Hemisphären mit exstirpierte, in den Bewegungen der oberen Armglieder so beschränkt sind, dass sie nicht nach Nahrung ausgreifen können, zur Zeit aber noch kräftig und lebhaft sind. Legt man zur Seite und etwas hinter dem Kopfe des Affen Mohrrüben- oder Apfelstücke auf den Boden, so sieht man, nachdem zunächst der Kopf sich den Stücken genähert hat, nach einer Weile den Rumpf zu Hülfe kommen, um den Mund heranzubringen, und Beugungen und Streckungen, Seitwärtsbewegungen und Drehungen von Rumpfwirbelsäule und Schwanz sich vollziehen, ohne dass in anderen Körperteilen Bewegungen auftreten. Manchmal sind die Bewegungen von Wirbelsäule und Schwanz ebenso zu beobachten, wenn man, hinter dem Affen stehend, ihn in Furcht oder Neugier versetzt.

Dass der genesene Affe keinerlei Störung der Rumpfbewegungen zeigt, wird nicht mehr der Ausführung bedürfen. Die Störungen betreffen ausschliesslich die Extremitäten, an den Armen insbesondere die Abduktion, weniger die Vorwärtsführung des Oberarms, an den Beinen vorwiegend die Abduktion und die Streckung von Ober- und Unterschenkel, dazu die Beugung (Dorsalflexion) des Fusses. Die Haltung der Beine ähnelt der beim *Genu valgum*, und es tritt deshalb öfters eine Verschlingung der Beine beim Laufen und Gehen ein. Ganz dem entsprechend sind die Störungen der Extremitäten einer Seite, wenn bloss der gegenseitige *Gyrus marginalis* abgetragen ist.²⁾ In diesem Falle ist nur die Schädigung des Affen an Bedeutung auch noch dadurch wesentlich verringert, dass der Affe mittels der Muskulatur seines nicht betroffenen Beines fernerhin die normale Sitzstellung, die für sein Wohlbefinden wichtig ist, anzunehmen und sich in ihr zu erhalten vermag. Exstirpiert

1) Vergl. oben 60.

2) Vergl. noch oben 125—7.

man den Gyrus marginalis beiderseits nicht in der ganzen Ausdehnung meiner Arm- und Beinregion, sondern nur in derjenigen (mittleren) Strecke, welche die Abbildungen der HH. Horsley und Schäfer als Rumpfgbiet anzeigen¹⁾, so erholt sich der Affe rascher, sind Arm- und Beinbewegungen weniger gestört und lässt sich daher noch leichter feststellen, dass jede Schädigung der Rumpfbewegungen fehlt.

Kürzer lässt sich erledigen, was den Hund betrifft. Allermeist hat man schon die Beobachtung, dass Reizung des Gyrus sigmoideus posterior Seitwärtskrümmung der Rumpfwirbelsäule herbeiführte, für sich allein als ausreichend angesehen, um die Lage des „Rumpfzentrums“ in diesem Gyrus behaupten zu können. Doch ist man hier fehlgegangen, wie Hr. Rothmann durch eine in meinem Laboratorium ausgeführte Untersuchung dargetan hat²⁾; denn die Krümmung folgt erst auf eine kräftige Bewegung der gegenseitigen Extremität oder eine Hemmung dieser Bewegung und kommt sichtlich, ohne dass Rumpfmuskeln tätig werden, durch die Kontraktion der Extremitätenmuskeln zustande. Damit stimmen meine eigenen Erfahrungen überein, nach welchen ich lediglich zu wiederholen hätte, was ich oben S. 180 bezüglich der Bewegung der Wirbelsäule nach Reizung der medialen Partien von Arm- und Beinregion beim Affen sagte. Hr. Rothmann hat zudem nachgewiesen, dass die Krümmung der hinteren Partie der Wirbelsäule nicht mehr durch die Reizung sich erzielen lässt, wenn die gegenseitige Hälfte des Rückenmarks am letzten Brustwirbel querdurchschnitten ist und daher das Grosshirn wohl noch die Wirbelsäule-Muskulatur, nicht aber mehr die Muskulatur des gegenseitigen Hinterbeines beherrscht.

In den spärlichen Fällen, in welchen man auch die Unterschneidung oder die Exstirpation des Gyrus sigmoideus zu Hülfe nahm, hat man, dass damit das „Rumpfzentrum“, und zwar ein Zentrum für die gleichseitige Muskulatur der Rumpfwirbelsäule fortgefallen war, darin erkennen wollen, dass der Hund beim Gehen in den ersten Tagen Kreisbewegungen nach der Gegenseite machte, dann durch einige Zeit Wendungen oder Drehungen vorwiegend und geschickter nach ebendieser Seite hin ausführte, und dass er, auf der Gegenseite mit frei herabhängendem Hinterkörper liegend, den Hinterkörper nicht so emporzuschleudern vermochte, wie wenn er auf der Seite der Verletzung lag.³⁾ Aber letzteres findet, wie Hr. Rothmann gezeigt hat, seine Erklärung in der Schädigung des gegenseitigen Hinterbeines, da der Hund die isolierte Hebung dieses

1) S. oben 181 Anm. 1 und 2.

2) Max Rothmann, Ueber das Rumpfmuskelzentrum in der Fühlsphäre der Grosshirnrinde. Neurolog. Zentralblatt 1896. 1105.

3) J. Kusick, Experimentelle Studien über die kortikale Innervation der Rumpfmuskulatur. Inaug.-Diss. Dorpat 1890.

Beines nicht ausführen konnte, die als einleitende Bewegung für das Emporschleudern des Hinterkörpers unbedingt erforderlich ist. Und ebenso wenig haben die Drehungen des Hundes zu besagen. Ihre Richtung nach der Gegenseite, wie wir sie hier angegeben finden, steht im Widerspruche zu allen den zahlreichen anderen Erfahrungen, nach welchen der Verstümmelung des Gyrus sigmoideus Drehungen nach der Seite der Verletzung beim Gehen folgten, und weist auf besondere störende Bedingungen hin, welche bei den Versuchen obwalteten. Doch brauchen wir dem nicht weiter nachzugehen, noch auszuführen, wie die Schädigung der Extremitäten einer Seite, insbesondere der Ausfall der Abduktion des Vorderbeines die Drehungen nach der anderen Seite mit sich bringt. Unter allen Umständen macht den Schluss auf ein „Rumpfzentrum“ im Gyrus sigmoideus unzulässig, dass es sich bei dem Drehen und bei der Bevorzugung der einen Drehrichtung seitens des Hundes bloss um eine Erscheinung handelt, die sich in wenigen, längstens etwa 14 Tagen nach der Operation verliert, und dass auch schon vorher auf einen besonderen Anlass hin, z. B. um Fleisch zu fassen, der Hund ebenso nach der anderen Richtung seine Rumpfwirbelsäule wendet und dreht.

Schliesslich habe ich auf die ausführlichen Darlegungen zu verweisen, die ich früher von den Folgen der ein- und der beiderseitigen Exstirpation der Extremitätenregionen beim Hunde gab¹⁾; denn das sind die strengen Formen, welche die Eingriffe annehmen müssen, will man sichere Auskunft gewinnen, ob im Gyrus sigmoideus posterior oder „zwischen den Extremitätenzentren“ ein „Rumpfzentrum“ beim Hunde existiert oder nicht. Nach jenen Exstirpationen hat sich keinerlei Abnormität am Rumpfe ergeben. Ich kann als beste Prüfung empfehlen, dass man dem beiderseitig operierten Hunde, wenn er vom Gehen ermüdet am Boden liegt und hungerig ist, von der Seite und hinten her Fleischstücke reiche: man wird zuerst den Kopf des Hundes so weit als möglich den Stücken sich nähern sehen und bei der weiteren Bemühung des Hundes um das Fleisch unter völliger Ruhe des übrigen Körpers die isolierten Bewegungen der Rumpfwirbelsäule unversehrt wiederfinden.

Mit Unrecht ist also gegen mich geltend gemacht worden, dass die Rinde, die den Rumpf beherrscht, anderswo, als im Stirnlappen, gelegen sei, und es ist nicht zu verkennen, wie damit zugleich meiner Ermittlung über den Stirnlappen eine Unterstützung zufließt. Aber die Zuverlässigkeit meiner Ermittlung ist nun auch noch unmittelbar in Frage gestellt worden, indem, was ich an tatsächlichen Belegen beigebracht hatte, das eine hier, das andere dort, manchmal alles mit einander nicht Be-

1) S. oben 89.

stätigung oder Anerkennung fand. Deshalb den ganzen Inhalt meiner Abhandlung vom Jahre 1882 nochmals durchzugehen, würde ermüdend und unersprießlich sein. Ich will in möglichster Kürze, an das früher Ausgeführte anknüpfend, auf grund meiner neuen Untersuchungen die Widersprüche nach Ursprung und Bedeutung aufklären und die Richtigkeit meiner Ermittlung nachweisen.

Es handelt sich, wie ich erinnere, wenn hier vom Stirnlappen die Rede ist, beim Affen wie beim Hunde um den Teil des Grosshirns, der vor der Halsregion der Fühlphäre gelegen ist. Der Lappen galt für elektrisch unerregbar, und ich fand, dass Reizungen von einer gewissen Stärke und einer gewissen Dauer an drei Stellen des Lappens Bewegungen herbeiführen, an einer mittleren Stelle der Konvexität Inspirations-, an einer lateralen oder unteren Stelle Expirationsbewegungen, an einer medialen Stelle Bewegungen der Rumpfwirbelsäule. Seitdem ist der Einfluss der Grosshirnreizungen auf die Atmung ein einziges Mal genauer verfolgt worden, und diese Untersuchung von Hrn. Spencer¹⁾ hat die Bestätigung meiner bezüglichen Erfahrungen ergeben, mit so guter Uebereinstimmung hinsichts der Reizstellen, der erforderlichen Reizstärken und der Reizerfolge, wie man es bei ersten Wahrnehmungen auf unserem Gebiete nur wünschen konnte. Auch hat eine weitere solche Bestätigung eine neuerliche Veröffentlichung von Hrn. Bechterew²⁾ gebracht, der von meinen und Hrn. Spencers Erfahrungen gar nichts weiss und nunmehr respiratorische Centra in der distalen Hälfte des Stirnhirns nachgewiesen zu haben betont. Dem gegenüber ist es ohne Bedeutung, dass von einigen Seiten³⁾ die Reizungen des Stirnlappens noch immer, und zwar kurz und bündig als erfolglos hingestellt worden sind. Denn es ist, um mit Hrn. Spencer zu sprechen, ein Leichtes, keine Wirkung auf die Atmung durch die Reizungen zu erhalten. Man braucht nur auf dem verhältnismässig grossen Areal nicht genügend nach den reizbaren Stellen zu suchen, nicht auf die gute Verfassung des Tieres oder des Gehirns zu halten, unzureichend oder zu stark zu narkotisieren, Reizstärke und Reizdauer nicht angemessen gross zu nehmen. Und was für die Atmung, gilt auch für die Wirbelsäule-Bewegung, ja kommt dafür um so mehr in Betracht, als man davon Abstand nahm⁴⁾,

1) Phil. Transact. of the R. Soc. of London 185 (1894), B. 609.

2) Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1899. 503.

3) Schäfer und Horsley, a. a. O. (1888). — Kusick, a. a. O. (1890).

4) Schäfer sagt a. a. O. 271: „In keinem Falle haben wir eine Reizstärke überschritten, welche bei Anlegung der Platin-Elektroden an die Zunge eben eine leicht prickelnde Empfindung hervorrief, welche leicht ertragen werden konnte“. — Kusick (a. a. O. 29—31) hat in 2 Versuchen „sowohl mit schwachen Strömen, als auch mit solchen, die auf der Zunge nicht mehr ertragen werden können, gereizt“. Im dritten Versuche hat allerdings die Reizung „ca. 3—4 mm von der Medianlinie auch bei

die stärkeren Ströme anzuwenden, die, wie ich angab, hier erforderlich sind. Der Scheu vor solchen Strömen lag lediglich eine Unklarheit zugrunde. Die Verwendung möglichst schwacher Ströme bei den Reizversuchen am Hirn bezweckt, abgesehen von der Schonung der Hirnsubstanz, die jedesmal gereizte Partie in möglichst kleiner Ausdehnung zu halten, damit soviel als möglich die Rindenstellen, welche verschiedene Reizerfolge geben, unterschieden und begrenzt werden können. Für die absolute Grösse der Ströme, welche so in Anwendung zu kommen haben, ist damit jedoch an sich keine Beschränkung weiter gesetzt; und wie Hr. Hitzig und alle seine Nachfolger als möglichst schwache Ströme am Scheitellappen, um die Augen-, die Arm-, die Bein-, die Nackenmuskeln in Bewegung zu setzen, der Reihe nach immer stärkere Ströme benutzt haben, so können auch am Stirnlappen, sobald es, um überhaupt Reizerfolge zu erzielen, nötig ist, wie bei den Wirbelsäule-Bewegungen — bei den Atembewegungen ist es gar nicht einmal nötig —, noch stärkere Ströme verwandt werden. Es kommt nur darauf an, dass man immer das bei grösserer Stärke auch ausgebreitetere Wirken der Ströme im Auge behält und die Gewissheit erlangt, dass der jedesmalige Reizerfolg nicht von der Reizung einer anderen Stelle herrührt, als derjenigen, welcher man ihn zuschreibt. Dass aber die Atem- wie die Wirbelsäule-Bewegungen die Folgen der Reizung der bezeichneten Stellen des Stirnlappens waren, habe ich 1882 so umfassend nachgewiesen, dass ich geradezu dasselbe nochmals wörtlich wiedergeben müsste.

Wie mir scheint, ist jene unbegründete Scheu vor den stärkeren Strömen wesentlich dadurch veranlasst worden, dass Hr. Hitzig alsbald 1883 gegen mich bemerkte¹⁾: „Die Reizversuche Munks übergehe ich. Sie sind mit Strömen von solcher Intensität angestellt, dass sie ohne Lähmungsversuche überhaupt nichts beweisen würden“. Zu einem solchen Bewusstsein grosser Ueberlegenheit war jedoch schon deshalb kein Grund

40 mm Rollenabstand und 10 Sek. Dauer“ stattgefunden, ohne dass Rumpfbewegungen eintraten; aber — unter welchen Umständen! Bei der Blosslegung des Gehirns am morphinisierten Hunde sistierte die Atmung vollständig und musste künstlich unterhalten werden. Die Blutung aus der Diploë war ziemlich beträchtlich. Die elektrische Erregbarkeit der Hirnrinde war sehr stark herabgesetzt, und es wurde deshalb 1 mg Atropin. sulf. subkutan gegeben. Erst nach voll eingetretener Atropinwirkung — die Atmung erfolgte jetzt spontan — wurde die Reizung wieder aufgenommen und nunmehr jenes Ergebnis am Stirnlappen gewonnen. Danach rief Reizung im Gyr. sigm. post. bei 70 mm Rollenabstand einen partiellen Krampfanfall hervor. Die Erregbarkeit der Rinde an der anderen Hemisphäre war so weit gesunken, dass die Extremitätenzentra erst bei 50 mm Rollenabstand reagierten. Nach einer verunglückten Rückenmarksdurchschneidung wurde der Hund getötet. Das wird als ein „Versuch“ am Hirn vorgeführt und zum Widerspruch verwertet!

1) Arch. f. Psychiatrie 15. 271.

vorhanden, weil ja nur von Hrn. Hitzig ausser Acht gelassen war, dass es dieselben Reizströme waren, mittels welcher ich am Scheitellappen des Hundes, wie Hr. Hitzig, die Nackenbewegungen und am Stirnlappen die Atembewegungen herbeigeführt hatte. Es war ferner nicht richtig, dass ich, wie man darnach glauben musste, die Funktionen des Stirnlappens mittels der Reizerfolge zu beweisen versucht hatte. Gerade im Gegensatze zu Hrn. Hitzig, dessen anerkannte Verdienste um das Grosshirn vorzüglich an seine Reizversuche geknüpft sind, hatte ich in langjährigen Untersuchungen immer ausschliesslich an Exstirpationen mich gehalten und zum ersten Male jetzt beim Stirnlappen auch die Reizerfolge, aber bloss als Bestätigung der Ergebnisse der Exstirpationen herangezogen. Und damit war ich durchaus im Rechte. Wie weit der Aufschluss geht, den die Reizversuche bringen, das würde im allgemeinen noch schwer zu sagen sein und lässt sich gewiss nicht beiläufig erledigen. Doch ist es jedenfalls ausgemacht durch unsere Erfahrungen am Hirn, dass, wenn die Reizung einer Rindenpartie Bewegungen eines einzelnen Körperteiles herbeiführt, zwischen der Rindenpartie und dem Körperteile besondere enge Beziehungen bestehen. Solche Beziehungen werden also zwischen Stirnlappen und Rumpf durch den Einfluss dargetan, welchen die Reizungen des Stirnlappens auf Atmung und Wirbelsäule-Bewegung haben, und darin findet ein anderweitiger Nachweis von Funktionen des Stirnlappens, welche den Rumpf betreffen, eine erhebliche Stütze.

Diesen Nachweis nun habe ich mit den Störungen in den willkürlichen Bewegungen und der Haltung der Rumpfwirbelsäule geführt, welche ich der ein- und der beiderseitigen Exstirpation des Stirnlappens folgen sah. Die Störungen fallen nicht dermassen in die Augen, wie die Störungen am Kopfe, am Halse und vollends an den Extremitäten, und es hatte Schwierigkeiten, sie aufzufinden; aber nachdem sie einmal gefunden waren, konnten sie der sorgsamsten Beobachtung in der Folge nicht mehr entgehen. Wenn dennoch die meisten von denen, die nach mir mit dem Stirnlappen sich befassten, nichts von den Störungen wahrgenommen haben, die ich beschrieb, so trägt lediglich die Schuld, dass das, worauf es ankam, nicht die genügende Beachtung und das rechte Verständnis fand.

Damit die Störungen sich zeigen, muss der Stirnlappen abgetragen sein beim Hunde durch einen Schnitt dicht vor der Supraorbitalfurche¹⁾ und ihrer Verlängerung bis zur Falx, beim Affen durch einen Querschnitt durch die Hemisphäre in der Höhe der vorderen Spitze des medialen Endes der Präzentalfurche¹⁾, Es tut nichts, wenn der Schnitt ein

1) Ich nannte die Furche 1882 Hauptstirnfurche.

wenig, etwa 1—2 mm weiter nach vorn fällt, aber bei noch grösserem Abstände können die Störungen nicht mehr deutlich oder selbst gar nicht zu bemerken sein. Hinwiederum darf der Schnitt auch nicht weiter nach hinten in die Hals- oder gar die Armregion hinein fallen, noch dürfen diese Regionen durch Quetschung, Blutung und dergl. oder durch einen schlechten Heilungsvorgang in Mitleidenschaft gezogen werden, weil sonst die groben anderweitigen Störungen die feinen Störungen infolge des Verlustes des Stirnlappens teils überhaupt nicht, teils nicht überzeugend hervortreten lassen. Endlich muss der Schnitt die Hemisphäre in ihrer ganzen Breite und Dicke durchsetzen. Ich würde dies nicht noch besonders zu erwähnen nötig finden, wenn nicht mir selbst in einigen Fällen, in welchen ich mein Operationsverfahren gut durchgeführt zu haben glaubte und doch die Störungen nicht deutlich zu erkennen waren, die Sektion die Aufklärung gebracht hätte, dass der Stirnlappen nur unvollkommen abgetrennt war. Solche Versehen scheinen sich nicht ganz ausschliessen zu lassen, wenn man den Stirnlappen, wie ich es empfahl, an Ort und Stelle zurücklässt; und ich habe es deshalb später vorgezogen, den Stirnlappen im ganzen aus der Schädelhöhle zu entfernen, was beim aseptischen Verfahren ohne die Gefahr des Hirnvorfalles geschehen konnte.

Die meisten Versuche meiner Nachfolger waren daher gar nicht darnach angetan, die Störungen zur Beobachtung kommen zu lassen. Es genügte eben nicht, dass man, um mit Hrn. Hitzig¹⁾ zu reden, „die erheblichsten einseitigen und doppelseitigen Zerstörungen anrichtete“, sondern die Zerstörungen mussten einen bestimmten Umfang haben. Nach so unvollkommenen Exstirpationen, wie sie Fig. 1 der HH. Horsley und Schäfer²⁾ und Fig. 1 und 2 von Hrn. Bianchi³⁾ zeigen, wie sie immer die HH. Ferrier und Yeo⁴⁾ und oft Hr. Kriworotow⁵⁾ ausführten, habe auch ich nichts von den Störungen gefunden. Ebenso waren andererseits unbrauchbar die Versuche von Hrn. Goltz⁶⁾ und Hrn. Luciani⁷⁾ und manche Versuche von Hrn. Kriworotow, bei welchen die Zerstörungen, bez. Schädigungen viel zu weit sich erstreckten, so dass Hals und Extremitäten in Bewegung und Empfindung beeinträchtigt

1) A. a. O.

2) A. a. O. (Ph. Tr.) Taf. I.

3) Brain 18. 497.

4) Phil. Transact. of the R. Soc. of London 1884, Part. II. 521.

5) Ueber die Funktionen des Stirnlappens des Grosshirns. Inaug.-Diss. Strassburg 1883.

6) Pflügers Arch. 34. 1884. 484.

7) Luciani und Seppilli, Die Funktions-Lokalisation auf der Grosshirnrinde. Leipzig 1886. 261.

waren. Auch die Versuche von Hrn. Groszlik¹⁾ sind hierher zu rechnen, die nur insofern Wert behalten, als Hr. Groszlik die Störungen der Extremitäten sich innerhalb der nächsten Wochen zurückbildeten und die Bewegungsstörungen der Wirbelsäule, die zuerst „ganz oder zum Teil in Schatten gestellt“ waren, „um so reiner und deutlicher“ erscheinen sah. Nimmt man dazu noch, dass manche Tiere schon in den nächsten Tagen nach der Operation zugrunde gingen, so bleibt von allen Versuchen meiner Nachfolger nur ein kleiner Rest übrig, für welchen man sich die Frage vorzulegen hat, weshalb trotz der Brauchbarkeit der Versuche die Störungen am Rumpfe nicht gesehen oder nicht richtig gewürdigt wurden.

Da hat, was zunächst die Störungen in den willkürlichen Bewegungen betrifft, der Glaube schädlich gewirkt, der noch vielfach nicht überwunden ist, dass, wie mit dem Grosshirn alle willkürliche Bewegung des Tieres untergeht, so mit dem Verluste einer Grosshirnrindenpartie, die einen einzelnen Körperteil hinsichts der Bewegungen beherrscht, auch alle willkürliche Bewegung dieses Körperteiles erloschen ist. Das stete Reden von „Lähmungen“ der Körperteile infolge von Grosshirnverletzungen, das Hr. Ferrier und Genossen bis in die jüngste Zeit fortgesetzt haben, und dazu der rein negierende, nirgend bis zu einer positiven Klärung sich durchringende Kampf gegen diese „Lähmungen“, den Hr. Goltz so lange führte, haben es bewirkt, dass der Glaube sich in weiter Verbreitung festsetzen und bisher erhalten konnte. In der Wahrheit liegen die Dinge, wie ich gezeigt habe²⁾, ganz anders. Dem Körperteile, dessen zugeordnete Rindenpartie verloren gegangen ist, fehlen lediglich die isolierten willkürlichen Bewegungen, d. h. diejenigen willkürlichen Bewegungen, welche den Körperteil allein betreffen, während willkürliche Bewegungen des Körperteiles noch fortbestehen in den Gemeinschaftsbewegungen, d. h. den Bewegungen, welche der Körperteil in Verbindung oder in der Reihe mit anderen Körperteilen vollführt, beim Gehen, Laufen, Klettern usw. und bei den sekundären Bewegungen. Daraus, dass man die Tiere nach dem Verluste der Stirnlappen überhaupt noch die Wirbelsäule krümmen sah, war man also nicht zu schliessen berechtigt, dass der Stirnlappen ohne Bedeutung für die Wirbelsäule-Bewegung ist. Aber man hielt in der Regel mit jener groben Konstatierung meine Ermittlung für völlig widerlegt und hat, Hrn. Hitzig und Hrn. Groszlik ausgenommen, zu feineren Beobachtungen sich nicht verstanden.

Hr. Goltz³⁾ hat für das einzige Richtige von meinen Angaben die

1) Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1895. 98.

2) Ebenda 1878. 174 (Grosshirnrinde 35—6); s. oben 56—77, 89—107, 114—21.

3) A. a. O. 485.

längst bekannte Tatsache erklärt, dass Hunde, welche eine Verstümmelung einer Hälfte des Grosshirns erlitten haben, die Neigung zeigen, nach der verletzten Seite hin Reitbahnbewegungen zu machen, und damit ein Verkennen meiner Angaben kundgetan, wie es ärger nicht wohl denkbar war. Gerade nicht die geringste Spur jener Reitbahnbewegungen, die durch Sehstörungen oder durch Bewegungsstörungen von Hals oder Extremitäten veranlasst sind, sollte nach der Stirnlappen-Exstirpation der Hund zeigen, den ich schilderte. Habe ich doch hervorgehoben, dass Sehen, Hören, Fühlen, ebenso wie die Bewegungen von Kopf, Hals, Extremitäten, Schwanz und Gehen, Laufen, Springen ganz normal waren. Wenn so der Hund, nachdem die Exstirpation des einen, sagen wir des linken Stirnlappens wohl gelungen, keine einzige der Störungen darbietet, welche eine Verletzung des Grosshirns hinter der Supraorbitalfurche mit sich bringt, dann ergibt eine längere Beobachtung des Hundes, während er freiwillig beliebig weit geradeaus und dann und wann die Richtung ändernd geht und läuft, dass er im grösseren Bogen ebensowohl rechts- wie linksherum, im kurzen Bogen aber linksherum sich wendet oder dreht. Dasselbe nimmt man wahr, wenn man den Hund durch Anruf von hinten her im Gehen oder Laufen umzukehren veranlasst; führt man aber ein Fleischstück von der rechten Seite des Hundes her gegen seinen Hinterkörper, so dreht der Hund sofort in kurzem Bogen rechts- herum. Der Hund kann also auch kurz nach beiden Seiten sich drehen, er bevorzugt aber hier bei seinen freiwilligen, nicht unmittelbar von aussen her bezüglich der Seite beeinflussten Wendungen die Linksdrehung. Und für diese Vorliebe findet sich eine Erklärung in der verschiedenen Art, wie die kurze Drehung links- und rechtsherum erfolgt. Immer drehen sich zuerst Kopf und Hals; dann aber folgt im ersteren Falle die Drehung der Rückenlendenwirbelsäule unter regelmässigem Fortschritt von vorn nach hinten, so dass eine schöne hakenförmige Krümmung entsteht, während im letzteren Falle der Rumpf im ganzen im Becken sich dreht, ohne dass es zur hakenförmigen Krümmung der Rückenlendenwirbelsäule kommt¹⁾. Da die erstere Drehungsart derjenigen entspricht, welche der normale Hund in der Regel zeigt, hat man in der letzteren eine erzwungene und dem Hunde weniger geläufige oder bequeme Drehungsart zu sehen, erzwungen durch eine Bewegungsstörung der Rückenlendenwirbelsäule.

1) Ich nenne diese Drehung nicht mehr, wie ich es 1882 tat, zeigerartig im Gegensatze zur normalen hakenförmigen, um Missverständnisse zu verhüten, da bei der Zwangsbewegung, welche man als zeigerartige Drehung zu bezeichnen pflegt, die ganze Wirbelsäule gerade bleibt, während in unserem Falle dasselbe nur für die Rückenlendenwirbelsäule gilt und die Halswirbelsäule sich nach der Seite der Drehung krümmt.

Um der Verschiedenheit der Drehung nach der einen und der anderen Seite sich zu vergewissern, habe ich noch empfehlen können, dass man, vor dem Hunde stehend, das eine Mal auf seiner rechten, das andere Mal auf seiner linken Seite ein Fleischstück im Bogen vom Auge nach der Schwanzwurzel hin führe. Und das ist auch die einfachste und beste Art, wie man am Hunde, dem beide Stirnlappen exstirpiert sind, indem man sein Verhalten mit dem des unversehrten Hundes vergleicht, sich überzeugt, dass die Abnormität bei der kurzen Drehung, die nach der einseitigen Verstümmelung auf einer Seite sich findet, nach der beiderseitigen auf beiden Seiten besteht. Der Bedeutung dieser Ermittlung tut keinen Eintrag, was Hr. Goltz entgegenhielt¹⁾, dass sein Hund, der noch mehr als die Stirnlappen verloren hatte, „die Wirbelsäule seitlich so vortrefflich krümmen konnte, dass er im Stande war, ein Stück Fleisch, welches an seiner Schwanzwurzel befestigt wurde, mit der Schnauze zu erreichen und abzufressen“. Ein solches Herankommen der Schnauze an die Schwanzwurzel habe ich gleichfalls nach der Exstirpation der Stirnlappen und, wo der linke Stirnlappen exstirpiert war, auf der rechten Seite des Hundes gelegentlich beobachtet. Ich sah die Krümmung der Rumpfwirbelsäule, die damit verbunden ist, 1882 als eine passive an, dadurch herbeigeführt, dass der Hund sich im Becken herumwirft und zugleich das Vorderbein der Seite, nach welcher die Drehung erfolgt, so verstellt, dass es dem abduzierten Hinterbein der gleichen Seite möglichst nahe kommt. Seitdem ist es mir wahrscheinlicher geworden, dass es sich um eine aktive Krümmung der Rumpfwirbelsäule handelt, um zwar um eine Gemeinschaftsbewegung, welche die Rumpfwirbelsäule in Verbindung mit der Halswirbelsäule und den Extremitäten betrifft; denn gewöhnlich ist es eine brüske, sprungartige, alle die genannten Körperteile zugleich umfassende Bewegung, mittels welcher der durch die voraufgegangenen erfolglosen Bemühungen aufgeregte Hund das Fleisch an der Schwanzwurzel erhascht. Aber ob lediglich diese oder daneben auch die erstere Auffassung zutreffen mag, jedenfalls ändert die Tatsache, dass der Hund unter Umständen die Schnauze an die Schwanzwurzel zu bringen vermag, nichts an der anderen Tatsache, dass bei den vorgegebenen Prüfungen regelmässig und auf die Dauer die Abnormität sich herausstellt für die langsame kurze Drehung, die, weil die beteiligten Körperteile sichtlich nach einander, zuweilen sogar mit Pausen in die Bewegung eintreten, auf isolierte Bewegungen der Körperteile zurückzuführen ist.

Beim Affen verhält es sich nach der entsprechenden Verstümmelung nicht nur mit der kurzen Drehung ebenso wie beim Hunde, sondern

1) A. a. O. 485.

bietet auch die grosse Beweglichkeit des Tieres, wie ich schon früher ausführte, noch reichlich anderweitig Gelegenheit dar, seine Unfähigkeit zur Seitwärtsbiegung der Rückenlendenwirbelsäule zu erkennen. Will man eine hübsche Demonstration, so bringe man, wenn der Affe, der einen Stirnlappen verloren hat, am Gitter hängt, ein Mohrrübenstück an die Seite des Affen etwa in der Höhe seiner Füsse und senke es, während er den gleichseitigen Arm danach ausstreckt: ist das Stück auf der Seite der Exstirpation, so wird der Affe die Rückenlendenwirbelsäule konkav nach dieser Seite krümmen, ohne dass die anderen Extremitäten ihre Befestigung aufgeben; hantiert man auf der anderen Seite, so wird der Affe mit gerader Rumpfwirbelsäule abwärts klettern, um das Stück zu erreichen. Ich habe in neuerer Zeit, um die Dinge klarzustellen, von welchen weiterhin die Rede sein wird, besonders häufig die beiderseitige Exstirpation des Stirnlappens an Affen ausgeführt und, wenn die Affen (*Macacus Rhesus*) vor dem Eingriff sehr lebhaft gewesen waren, sie später ebenso wieder sich tummeln sehen. Aber wenn sie dann auch noch so viel und rasch sich bewegten, so war doch, wie sie am Boden des Käfigs gleichsam dessen Ecken absuchend kreisten, auf der Stange unter Wendungen hin und her promenierten, sich auf- und abwärts und um die Stange schlangen usw., eine gewisse Steifheit oder Schwerfälligkeit gegenüber den zierlicheren Bewegungen der unversehrten Affen nicht zu verkennen, eine Schwerfälligkeit, deren Ursache sich überall im Fehlen von seitlichen Verbiegungen oder Drehungen der Rückenlendenwirbelsäule ergab. Bei alledem verblieb es auch durch viele Monate. Dagegen habe ich eine Veränderung mit der Zeit hinsichts der Streckungen und Beugungen der Rückenlendenwirbelsäule bemerkt. Auch diese kamen nach der beiderseitigen Exstirpation als isolierte Bewegungen nicht mehr vor; sie traten nur noch weiter als Gemeinschaftsbewegungen auf, wenn der Affe vom Sitzen zum Stehen oder Gehen überging, sich auf den Hinterbeinen aufrecht stellte, sich um die Stange schwang u. dergl. mehr. Aber nach einigen Wochen zeigten sich neue Streckungen der Rumpfwirbelsäule, welche bis dahin nicht als Gemeinschaftsbewegungen zu beobachten gewesen und als sekundäre Bewegungen im Anschluss an Halsbewegungen aufzufassen waren: zuerst hatte der Affe, um im Sitzen nach oben zu sehen, immer bei unbewegtem Rumpfe den Kopf weit, oft äusserst weit zurückgeworfen; jetzt stellte sich im gleichen Falle zuweilen eine deutliche Streckung der oberen Partie der Rumpfwirbelsäule ein bei beschränkterem Zurückgehen des Kopfes.

Mit den letzten Worten haben wir schon die Störung berührt, welche nach der beiderseitigen Exstirpation des Stirnlappens ferner noch in der Haltung der Rumpfwirbelsäule sich darbietet. Die Rückenlendenwirbelsäule ist, besonders wenn das Tier sitzt, aber auch wenn es steht

und langsam geht, abnorm gewölbt, so dass die hinteren Extremitäten den vorderen nähergerückt sind. Ist der Hund einigermaßen langgestreckt und hochbeinig, so ist die katzenbuckelartige Krümmung des Rückens in den ersten Tagen oder sogar Wochen nach der Operation sehr deutlich, aber sie nimmt mit der Zeit ab, so dass sich dann streiten lässt, ob noch ein Rest der Störung vorhanden ist oder nicht; wie ich angab, habe ich einen kleinen Rest auch nach Monaten zu bemerken gemeint, wenn der Hund nach langem Liegen sich erhoben hatte. Noch mehr macht sich die abnorme Wölbung der Rückenlendenwirbelsäule beim Affen bemerklich. Wenn der normale Affe ruhig sitzt, ist sein Rücken mässig gekrümmt, die Ellbogen befinden sich ein Stück oberhalb der Kniee, noch höher stehen die Schultern und der Kopf, und das Gesicht sieht nach vorn. Dagegen zeigt der Affe, der beide Stirnlappen verloren hat, beim Sitzen eine halbkreisförmige Krümmung des Rückens, die Kniee in oder neben den Achselhöhlen, Schultern und Kopf so nahe über den Unterschenkeln, dass das Kinn dicht über und vor den Knien sich befindet, den Scheitel nach vorn und das Gesicht nach unten gerichtet. Und an dieser Haltung ist der stirnlappenlose Affe jederzeit zu erkennen, denn die Haltung bleibt durch Monate bestehen, ja durch Jahr und Tag, wie ich mich durch eine Reihe von Versuchen und photographischen Aufnahmen überzeugt habe.

Gegenüber der Drehstörung, zu deren Konstatierung immer doch eine genauere Untersuchung der Tiere erforderlich ist, hat man hier also eine Störung, welche ohne weiteres sichtbar ist, und deshalb müsste es wundernehmen, wenn die Störung meinen Nachfolgern selbst bei der beschränkten Zahl ihrer brauchbaren Versuche gänzlich entgangen wäre. Das ist denn auch nicht der Fall. Hr. Hitzig¹⁾ hat den Katzenbuckel beim Hunde nur nicht so leicht und regelmässig zu produzieren gefunden, wie man glauben sollte, und ist dessen sicher, dass man durch Abtrennungen und sogar Auslöfflungen der Gehirnsubstanz die erheblichsten doppelseitigen Zerstörungen anrichten kann, ohne dass der Katzenbuckel eintritt, — worin ich nach dem oben S. 192 Ausgeführten durchaus mit ihm übereinstimme. Hr. Groszlik²⁾ hat den Katzenbuckel des Hundes nur ein einziges Mal am Tage nach der Entfernung des zweiten Stirnlappens und auch dann nur für sehr kurze Zeit eintreten sehen; aber er hat überhaupt wenige Hunde beiderseits operiert und zwischen der Exstirpation des ersten und des zweiten Stirnlappens immer mehrere Monate verfließen lassen. Endlich haben die HH. Horsley und Schäfer³⁾ an allen ihren drei Affen die absonderliche und, wie sie

1) A. a. O.

2) A. a. O. 117.

3) A. a. O. 3, Anm.; 4, Anm.; 25.

selber sagen, charakteristische Haltung beim Sitzen beobachtet, dass der Kopf immer abwärts gebeugt zwischen den Armen sich befand; und das ist nicht bloss wahrscheinlich, wie sie bemerken, die von mir beschriebene Haltung, sondern kann ja ihrer Schilderung gemäss gar nichts anderes sein, wenn sie auch gerade des wichtigsten, weil ursächlichen Momentes, der übermässigen Krümmung der Rückenlendenwirbelsäule, nicht Erwähnung thun. Sie fügen noch hinzu, dass die charakteristische Haltung bloss während der ersten wenigen Tage nach dem Eingriff sich fand; aber da der Affe ihres Vers. 3 schon am 6. Tage starb und der Affe von Vers. 1 unzureichend operiert war¹⁾, bleibt für ihre Angabe einzig und allein ihr Vers. 2 als Stütze übrig, und entgegen steht die ganze Reihe meiner Versuche, die ausnahmslos das Fortbestehen der Störung ergaben.

Ich bin nach 1882 noch auf eine weitere Störung aufmerksam geworden, welche die Affen nach der Exstirpation beider Stirnlappen zeigen, eine Störung in der Erhaltung des Gleichgewichts. Schon früh war mir aufgefallen, dass diese Affen häufig eine Stellung annehmen und für lange Zeit beibehalten, wie man sie sonst nur höchst selten bei den Affen sieht: mit den Gesässschwien auf dem Boden oder auf der Querstange des Käfigs, hält der Affe die Beine nahe neben einander schief nach oben und vorn gestreckt, so dass die Plantae flach der Wand anliegen, und lässt Bauch und Brust den Ober- und Unterschenkeln, den Kopf den Zehen aufrufen. Wenn man in dieser Faltstellung, wie sie heissen mag, den Affen an das Gitter gelehnt sieht, kann man meinen, dass der Affe, der in seiner Sitzstellung immer den Kopf weit in den Nacken zurücknehmen muss, um nach vorn zu sehen, mittels der Faltstellung die andauernde Beobachtung des Zimmers, ohne seine Nackenmuskeln anzustrengen, bezweckt; aber anderemal findet man den Affen ebenso mit den hochgestreckten Beinen der undurchsichtigen Seiten- oder Rückwand des Käfigs zugekehrt. Da die Faltstellung am häufigsten bald nach der Operation und mit der Zeit immer seltener auftrat, gab ich mich mit dem Glauben zufrieden, dass in ihr lediglich das üble Befinden des Affen zum Ausdruck käme, das zunächst die Nachwirkung der Morphinumarkose, dann der Heilungsvorgang mit sich brachte, wenn ich mir auch nicht verhehlte, wie damit schwer in Einklang zu bringen war, dass nach anderen Rindenexstirpationen unter entsprechenden Umständen die Faltstellung ausblieb. Aber als später, da ich die Affen nicht mehr mit Morphinum und Aether, sondern bloss mit Aether nar- kotisierte und aseptisch operierte, die stirnlappenlosen Affen oft schon am Tage der Operation und vollends am folgenden Tage wieder munter

1) S. oben 192.

sich bewegten, blieb es doch bezüglich der Faltstellung beim Alten, und die Dinge klärten sich ganz anders auf. Es stellte sich heraus, dass der Affe in der ersten Zeit nach dem Verluste beider Stirnlappen nicht frei in der Sitzstellung sich halten kann, sondern dafür noch einer Hülfe bedarf. Auf dem Fussboden oder Tisch stützt er, wenn nicht beide Arme, jedenfalls einen Arm auf, ebenso in der Seitenstellung auf der Stange (wenn seine Sagittalebene der Längsaxe der Stange parallel ist); in der Frontalstellung auf der Stange hält er sich mit einer Hand am Gitter oder auch an der Rückwand fest. Nur sehr schwer lässt er sich bewegen, den stützenden Arm zu entfernen, um Nahrung zu fassen, und dann zieht er sogleich den anderen Arm zur Stütze heran. Verharrt er lange in seiner Stellung, so sieht man noch von Zeit zu Zeit den Rumpf sich langsam nach der Seite neigen und, wenn die Neigung eine gewisse Grösse erreicht hat, den Affen unter einer kleinen Drehung sich wieder zurechtsetzen. Auf der Stange verliert er auch manchmal das Gleichgewicht, wenn er eine Bewegung mit dem Kopfe oder dem freien Arme oder sonstwie macht, und er muss mit der Hand an die Stange oder das Gitter oder die Käfigwand greifen, um das Fallen aufzuhalten; ja, es kommt vor, dass er vor dem Sturz auf den Boden bloss noch dadurch im letzten Augenblick sich zu bewahren vermag, dass er sich mit den Füssen an die Stange klammert. Nur wenn der Affe in der Sitzstellung sich zugleich mit dem Rücken an die Seitenwand des Käfigs lehnt oder wenn er die Faltstellung inne hat, welche sich als eine modifizierte gesicherte Sitzstellung ansehen lässt, bleibt das Schwanken aus: und diese beiden Stellungen sind es auch, die der Affe mit Vorliebe am Boden wie auf der Stange für eine längere Ruhe einnimmt. Mit der Zeit nimmt das Schwanken bis zum Verschwinden ab und gibt der Affe das Anlehnen mit dem Rücken, wie die Faltstellung auf, endlich fällt auch die Unterstützung durch den Arm fort. So erscheint die Störung des Gleichgewichts abgeglichen, manchmal schon nach einigen Tagen, gewöhnlich in 1—2 Wochen; in einem einzigen Falle habe ich die Zeit bis in die vierte Woche sich verlängern sehen. Doch bleibt ein Rest der Störung für die Dauer erhalten. Während der normale Affe gern und häufig in der Frontalstellung auf der Stange sitzt, nimmt der stirnlappenlose Affe nach seiner Wiederherstellung so regelmässig die Seitenstellung auf der Stange ein, dass ich bei den jahrelangen Untersuchungen nur ein paarmal, und dann auch nur aus besonderem Anlass und für kurze Zeit, einen solchen Affen in der Frontalstellung auf der Stange sitzen sah.

Neben den willkürlichen zeigen sich also auch die unwillkürlichen Bewegungen der Rückenlendenwirbelsäule durch den Verlust der Stirnlappen geschädigt, wie es mit unserer allgemeinen Kenntnis von den

Rindenreflexbewegungen¹⁾ im Einklang steht. Nach der Totalexstirpation der Extremitätenregionen hängen, wenn das Tier in aufrechter Stellung gehalten wird, die gegenseitigen Extremitäten, oder wenn das Tier auf den Hinterbeinen steht, die gegenseitige Vorderextremität schlaffer als in der Norm herab und bleibt bei den Gemeinschaftsbewegungen dieser Extremitäten, wenn das Tier geht, läuft, klettert usw., die Regulierung aus, die Vervollkommenung und Verfeinerung der Bewegungen zum Zwecke der Anpassung an die besonderen äusseren Umstände, wie Beschaffenheit des Bodens, der Stangen und dergl. mehr. Dem entspricht, wo die Stirnlappen exstirpiert sind, dass beim Sitzen die Rumpfwirbelsäule übermässig gewölbt ist und, wenn der Schwerpunkt sich verrückt, die Muskeln der Rumpfwirbelsäule nicht wie in der Norm zur Erhaltung des Gleichgewichts tätig werden. Daher kann kein Zweifel sein, dass die Stirnlappenrinde eine Region der Fühlsphäre ist, die Rumpfwirbelsäuleregion oder, wie sie richtiger zu nennen ist, weil durch die Reizungen innerhalb der Region nicht bloss die Rumpfwirbelsäule, sondern auch die Atmung beeinflusst wird, die Rumpfreion. Im Vergleich mit den anderen Regionen der Fühlsphäre steht nur der Nachweis aus, dass nach der Exstirpation der Stirnlappen auch der Gefühlssinn der Haut am Rumpfe geschädigt ist; und dem lässt sich keine Bedeutung beimessen, weil, wo die Berührungsempfindlichkeit schon in der Norm so sehr gering ist, eine Herabsetzung derselben regelmässig zu konstatieren, naturgemäss die allergrössten Schwierigkeiten bietet.²⁾

1) S. oben 118—21.

2) Groszlik gibt a. a. O. an, dass er beim Hunde nach der Stirnlappen-Exstirpation Störungen der Hautempfindlichkeit am Rumpfe gefunden habe; doch kamen die Störungen weder regelmässig noch im gewöhnlichen Umfange und dazu stets in Verbindung mit entsprechenden Störungen an den Extremitäten zur Beobachtung, so dass nur wenig auf die Erfahrungen zu geben ist.

Ueber die Ausdehnung der Sinnessphären in der Grosshirnrinde.

Dritte Mitteilung (Schluss).

(Sitzungsberichte der Berliner Akademie der Wissenschaften 1901. 1149—83.)

4.

Meine alte Auffassung der betrachteten Rindenpartien hat also durch die neue Untersuchung auf breiterer Unterlage Bewährung gefunden. Immerhin bleibt der vordersten wie der hintersten Region der Fühl-sphäre den anderen Regionen gegenüber ein Besonderes anhaften. Bei der Armregion und der Beinregion, der Kopfregion und der Halsregion geben sich nach angemessener Exstirpation die Abnormitäten in Bewegung und Empfindung des zugehörigen Körperteiles jedesmal zu erkennen und stellen sie sich, wo die Exstirpation ausgedehnter war, auch in beträchtlicherem Umfange dar. Von solchem Wachsen der Störungen mit der Grösse der Exstirpation habe ich bei der Augen- und der Rumpfre-gion nichts berichten können, es bedurfte hier der Exstirpation nahezu der ganzen Region, damit die Störungen hervortraten, und auch so kamen nicht in jedem Falle alle die geschilderten Störungen zur Beobachtung. Die Erklärung lässt sich, wie ich schon bemerkte, in der grösseren Schwierigkeit sehen, welche die Konstatierung der letzteren Störungen bietet, bei der Augenregion auch in der Unvollkommenheit und Ungleich-artigkeit, welche der Verlauf der Radiärfasern des Hinterhaupts-lappens für die Exstirpationen mit sich bringt. Doch braucht man diese Er-klärung nicht ausreichend zu finden. Dazu kommt, dass hier die Erfolge der elektrischen Reizungen nicht, wie sonst, den Ergebnissen der Ex-stirpationen Unterstützung gewähren, wenigstens nicht bei der Augenregion. Wohl treten Augenbewegungen und Hebung des oberen Augenlides ein, wenn die Elektroden am hinteren Stücke der Augenregion sich befinden, aber gerade da kann man im Zweifel bleiben, ob nicht die Reizung, sei es die unter der Rinde hinziehenden Radiärfasern des Hinterhaupts-

lappens, sei es die benachbarte Hinterhauptslappenrinde betraf¹⁾. Wir lassen somit einige Dunkelheiten zurück, an die sich der Widerstand gegen meine Ermittlungen immer noch heften könnte, und deshalb wollen wir es nicht unterlassen, auch noch zuzusehen, wie zu unseren experimentellen Ergebnissen die pathologischen Erfahrungen am Menschen sich verhalten.

Dem Gyrus angularis des Affen entspricht anatomisch offensichtlich das untere Scheitelläppchen des Menschen mit dem Gyrus supramarginalis als vorderer und dem Gyrus angularis als hinterer Partie, und medialwärts zur Falx hin ist im oberen Scheitelläppchen des Menschen der hintere, zungenförmig bis zur Fissura parieto-occipitalis sich erstreckende Fortsatz des Gyrus centralis posterior des Affen wiederzuerkennen. Demgemäss liess sich physiologisch dort im oberen Scheitelläppchen das hintere Stück der Beinregion erwarten und das untere Scheitelläppchen als die Augenregion des Menschen ansehen. Zutreffendenfalls mussten Erkrankungen Gefühls- und Bewegungsstörungen zur Folge haben des Auges, wenn sie auf das untere, des Beines, wenn sie auf das obere Scheitelläppchen beschränkt waren; und noch weitere Gefühls- und Bewegungsstörungen der Extremitäten, bez. Sehstörungen mussten sich zeigen, wenn die vorn oder hinten benachbarte Rinde in Mitleidenschaft gezogen war. So hat es aber in der Tat sich herausgestellt.

Bei Läsionen des oberen Scheitelläppchens hat man manchmal Gefühls- und Bewegungsstörungen oder auch bloss Bewegungsstörungen des gegenseitigen Beines beobachtet und anderemal gar keine Herdsymptome gefunden. Um dies richtig zu würdigen, muss man sich gegenwärtig halten, dass nach entsprechender Exstirpation beim Affen die Störungen lediglich die Zehen und höchstens noch den Fuss betreffen, und dass sie anfangs in der Unempfindlichkeit dieser Glieder gegen Berührung wie in ihrer Ungeschicktheit bei den Bewegungen des Beines sich deutlichst kundgeben, aber in 2—3 Wochen so abnehmen, dass sie nicht mehr gut zu konstatieren sind. Wie die Beobachtungen am Menschen oft unvollkommen und ungenau gemacht sind, darf man daher vorerst damit zufrieden sein, dass, soweit hier Herdsymptome überhaupt bemerkt wurden, sie auf das Bein und sogar dessen unterste Glieder sich bezogen.

Als Folgen von Läsionen des unteren Scheitelläppchens haben sich zu allererst und schon früh die konjugierte Deviation der Augen und die Ptosis ergeben, die jedoch mit ihrem vorübergehenden und unregelmässigen Auftreten für sich allein als bedeutsame Herdsymptome noch

1) Vergl. Grosshirnrinde 297—8, 301; A. Obregia, Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1890. 271.

Bedenken unterliegen durften. Später traten unterstützend immer mehr verwandte Störungen hinzu, Störungen beim Sehen, die sich nur von einer Schädigung der Bewegungen der Augen und der daher rührenden Gefühle, nicht von einer Schädigung der Lichtempfindungen ableiten liessen: so dass man ein optisch-motorisches Rindenfeld neben dem optisch-sensorischen des Hinterhauptslappens anzunehmen veranlasst war. Und schliesslich hat Hr. A. Pick¹⁾ an neuen wie älteren Krankheitsfällen die Aufklärung gebracht, dass Störungen der Tiefenlokalisation und des Fixierens der Objekte im Sehraume oftmals Herdsymptome der unteren Scheitelläppchen sind.

Man hat auch den Muskelsinn der gegenseitigen Extremitäten mit dem unteren Scheitelläppchen in Verbindung gebracht, meist so, dass man die sensible Zone der Rinde zum Teil mit deren motorischer Zone zusammenfallen und ferner noch für sich allein über den Gyrus centralis posterior hinaus weiter nach hinten sich erstrecken liess. Indes hat von allen dafür herangezogenen Fällen mit Störungen des Muskelsinnes, insbesondere des Armes, schon Hr. von Monakow²⁾ nur drei der Kritik stichhalten sehen, indem die Zentralwindungen nicht angegriffen erschienen; und nicht einmal diese drei Fälle braucht man gelten zu lassen, da die Zentralwindungen zweimal bloss makroskopisch intakt und dabei in einem Falle nur „grossenteils frei“ gefunden wurden. Was an Belegmaterial übrig bleibt, kann dann nicht dagegen ins Gewicht fallen, dass ich bei meinen zahlreichen Exstirpationen im Bereiche des Gyrus angularis des Affen, wenn die Heilung normal sich vollzog und die hintere Zentralwindung nicht angegriffen war, niemals trotz aller darauf gerichteten Aufmerksamkeit eine Störung an den Extremitäten, anderenfalls Gefühls- und Bewegungsstörungen zusammen an den Extremitäten beobachtet habe. Für die Erkrankungen beim Menschen wird vielmehr als zutreffend anzusehen sein, was Hr. von Monakow als zu beachtende Möglichkeit hinstellt, dass bei Herden, die makroskopisch auf den Gyrus supramarginalis beschränkt zu sein scheinen, die hintere Zentralwindung regelmässig in ihrer Ernährung und auch in ihren Funktionen gestört ist, weil der dritte Ast der Sylvischen Arterie, welcher das untere Scheitelläppchen mit Blut versorgt, auch Seitenzweige in die Interparietalfurche und somit in die hintere Zentralwindung schickt. Dass es im allgemeinen bei den pathologischen Erfahrungen den Anschein gewann, als sei die sensible Zone gegen die motorische um ein Stück

1) Beiträge zur Pathologie und pathologischen Anatomie des Zentralnervensystems. Berlin 1898. 185—207. — S. ferner noch: D. G. Anton, Beiderseitige Erkrankung der Scheitelgegend des Grosshirns. Wienerklin. Wochenschr. 1899, No. 48.

2) Gehirnpathologie. (Nothnagels Spec. Pathol. u. Therap. 9. I. Teil.) Wien 1897. 423 ff.

nach hinten verschoben, ist auch sehr gut dadurch zu verstehen, dass der Gyrus centralis anterior hauptsächlich zu den oberen, der Gyrus centralis posterior zu den unteren Gliedern der Extremitäten in Beziehung steht. Daher mussten bei Erkrankung oder Miterkrankung einerseits der vorderen Zentralwindung die Bewegungsstörungen, andererseits der hinteren Zentralwindung die Gefühlsstörungen der Extremitäten ins Auge fallen, während dort die Gefühlsstörungen, hier die Bewegungsstörungen zurücktraten und, wo man nicht daraufhin genauer untersuchte, übersehen wurden.

Nicht minder zeigen sich in der pathologischen Litteratur die Erwartungen erfüllt, die man bezüglich des Stirnlappens hegen durfte, d. h. bezüglich der Frontalwindungen vor der sogenannten motorischen Region. Man hat bei Stirnlappen-Geschwülsten, ein- und beiderseitigen, häufig Störungen in der Erhaltung des Gleichgewichts gefunden, Störungen in der aufrechten Haltung des Rumpfes, Schwanken und Taumeln beim Stehen und Gehen, Unfähigkeit zu stehen infolge des Verlustes der Balanzierfähigkeit. Die Aehnlichkeit der Störungen mit der cerebellaren Ataxie durfte an Schädigungen des Kleinhirns denken lassen, aber dessen Miterkrankung wurde durch die Befunde ausgeschlossen, und Druckwirkungen auf das Kleinhirn konnten nicht vorliegen, wo andere Druckerscheinungen, die eher hätten auftreten müssen, wie z. B. Sehstörungen, fehlten. Hr. L. Bruns, der die Gleichgewichtsstörungen zuerst in ihrer Bedeutung erkannte¹⁾, hat sie denn auch schon neuerdings als Herdsymptome aus den bekannten Verbindungen der Stirnlappen und des Kleinhirns recht ansprechend abzuleiten vermocht²⁾. Dass ebenso für andere Fälle ausgedehnter Stirnhirnläsionen, ferner für Idioten und Mikrocephalen manchmal die Unfähigkeit zu normalem Stehen und Gehen — bei freier Beweglichkeit der Extremitäten — oder wenigstens der krumme Rücken, die vornübergebeugte Haltung sich verzeichnet finden, habe ich schon 1882 angeführt. Und wo man sonst noch das Stirnhirn hervorragend an der Erkrankung oder Schädigung beteiligt sein lässt, hat man entsprechende Beobachtungen gemacht. Bei Paralytikern hat man oft, namentlich nach Anfällen, bei leidlichem Gange eine deutliche Störung in der Haltung des Rumpfes, besonders Ueberhängen nach einer Seite wahrgenommen. Mit der senilen Atrophie zeigt sich Krümmung des Rückens verbunden. Als erste Zeichen des Cretinismus werden der schwerfällige Gang und die gewölbte Wirbelsäule angegeben.³⁾

1) Berliner klinische Wochenschrift 1892, Nr. 7.

2) Ebenda 1900, Nr. 25—26.

3) In der von Leonore Welt gegebenen umfassenden neueren Zusammenstellung des litterarischen Materials über Verletzungen, Abscesse, Blutungen, Erweichungen, Atrophien usw. des Stirnhirns heisst es (Deutsches Archiv für klin.

Gewiss sind manche pathologische Erfahrungen, die hier herangezogen wurden, nicht frei von Mängeln und Schwächen, aber ob man sie ausscheidet oder nicht, immer macht doch die Gesamtheit der pathologischen Erfahrungen denselben Eindruck. Man erkennt, dass die Störungen bei Erkrankungen der betrachteten Rindenpartien nicht bloss von derselben Art, sondern oft auch die gleichen waren wie die Störungen, welche die experimentellen Eingriffe herbeiführten. Und damit gewinnt unsere physiologische Einsicht in die Augen- und die Rumpfregeion noch durch das pathologische Material eine wertvolle Unterstützung.

5.

Um so dringender aber ist es nunmehr, dass ich Aufklärung über die Lehre bringe, welche, in schroffem Gegensatze zu dem Vorermittelten stehend, die Stirnrinde unserer Rumpfregeion und die Scheitelrinde unserer Augenregion oder beide nicht mit der übrigen Grosshirnrinde Sinnesphären repräsentieren und zugleich den höheren psychischen Funktionen dienen lässt, sondern jener Rinde eine besondere, ausgezeichnete Stellung gegenüber aller anderen Rinde zuweist, indem sie speziell von ihr höhere psychische Funktionen, die Intelligenz, das Denken, die Aufmerksamkeit, den Charakter u. a. abhängig sein lässt. Ich habe die Lehre 1882, der damaligen Sachlage entsprechend, kritisch und experimentell zurückgewiesen. Aber seitdem hat man neue Stützen für sie herangezogen; und je mehr selbst sonst kritische Köpfe sich dadurch haben täuschen lassen und in ihren Schilderungen unserer Kenntnisse vom Grosshirn der Lehre Verbreitung gegeben haben, desto mehr liegt mir, wie ich glaube, die Pflicht ob, ausführlicher, als ich es sonst gewohnt bin, darzulegen, was es mit der Lehre auf sich hat.

Man beruft sich bezüglich der Stirnrinde auf Versuchsergebnisse der HH. Ferrier, Hitzig, Goltz und Bianchi.

Bei Hrn. Ferriers ältesten Versuchen vom Jahre 1875¹⁾ waren vier Affen beide Stirnlappen extirpiert worden. In allen Fällen stellte sich septische Entzündung mit Hirnvorfall ein; und ein Affe starb am 2. Tage nach der Operation, ein anderer war nach 3 Tagen komatös und starb erschöpft 2 Tage später, der dritte Affe wurde nach 2 Tagen, der vierte nach 5 Tagen wegen der Entzündung getötet. Die Beobachtungen wurden gemacht, während die Tiere noch unter der Wirkung des Chloroforms und des Shocks der Operation oder schon unter dem

Medizin 42. 1888. 349, Anm. 2). „Auf die Untersuchungen von Munk wird hier nicht weiter eingegangen. Doch mag erwähnt werden, dass in den Krankengeschichten nicht gar zu selten von Verkrümmungen der Hals- und Rückenwirbelsäule nach Stirnhirnerkrankungen berichtet wird“.

1) Phil. Transact. of the R. Soc. of London 1875, Part. II. 433.

Einflüsse der Encephalomeningitis standen. Kein Wunder, dass sich ergab, was man unter solchen Umständen nach den verschiedensten Hirnverstümmelungen findet, dass die Affen unaufmerksam und ohne Interesse für die Umgebung, apathisch oder stumpf, immer schläfrig oder schlafend, gelegentlich auch ziel- und zwecklos umherlaufend sich zeigten. Hr. Ferrier jedoch hat auf diese Wahrnehmungen hin sich für berechtigt zu dem Schlusse gehalten, dass der Verlust der Stirnlappen eine ausgesprochene Schädigung der Intelligenz und der Fähigkeit zu aufmerksamer Beobachtung verursacht. Und weder der angegebenermassen motivierte Widerspruch, auf den seine Untersuchung von den verschiedensten Seiten stiess, noch die abweichenden Ergebnisse einer zweiten Reihe von Versuchen, die er später unter antiseptischen Kautelen anstellte¹⁾, haben ihn zu belehren vermocht. Dass er nur bei einigen der letzteren Versuche die Stumpfheit und die zwecklose Unruhe in grösserem oder geringerem Masse, wie früher, wiederfand, während er bei den anderen Versuchen nichts von einer psychischen Verschlechterung bemerken konnte, rührte, meinte er, wahrscheinlich von der geringeren Ausdehnung her, in welcher bei dieser zweiten Versuchsreihe unter den antiseptischen Kautelen die Stirnlappen angegriffen waren, und eine psychische Schädigung, wesentlich ein Defekt des Vermögens der Aufmerksamkeit, blieb für ihn die Folge der Verletzung der Stirnlappen²⁾.

Man betrachte aber nur seine neueren Versuche³⁾. Es sind vier; denn vom fünften (Vers. 21) ist nicht zu reden, da das Tier schon am Tage nach der Operation an einer Hämorrhagie zugrunde ging. Ein Affe (Vers. 22) liess am Tage nach der Operation keinerlei Defekt erkennen, auch keine psychische Alteration. Er erschien nur weniger furchtsam als sein Genosse und stahl hartnäckig Futter aus dessen Händen, obwohl er jedesmal durch einen bösen Schlag oder ein Zupfen bestraft wurde.⁴⁾ Er blieb dann vollkommen gesund, ohne merkbliche Abweichung von der Norm, bis er nach 11 Wochen getötet wurde. Ein zweiter Affe (Vers. 23) sass am Tage nach der Operation schläfrig auf seiner Stange und nahm von nichts Notiz, ausser wenn ihm Futter dargeboten wurde. Ebenso war es am 3. Tage, und auch am 7. Tage war der Affe sehr stumpf, indem er sich nur für sein Futter interessierte, das ihn sichtlich sehr erfreute. Ausser der Stumpfheit und dem Mangel an Interesse für die Umgebung liess er keine Folge der Operation erkennen und verblieb in vortrefflicher Gesundheit, bis 7 Wochen nach der Ope-

1) Ferrier and Yeo, Phil. Tr. of the R. Soc. of London 1884, Part. II. 479.

2) Functions of the brain. Second edition. London 1886. 401—3.

3) A. a. O. 1884. 521 ff.

4) So lautet Ferriers Protokoll. Ich gebe, um ein volles selbständiges Urteil zu ermöglichen, überall alle hierhergehörigen Angaben wieder.

ration die Exstirpation mittels eines neuen Eingriffs vervollkommenet wurde. Am nächsten Tage war er wie gewöhnlich stumpf, und vom folgenden Tage an liess sich wieder keine Folge der Operation entdecken, bis der Affe 2½ Monate nach der ersten Operation getötet wurde. Wie Hr. Ferrier selber zum Schlusse zusammenfassend sagt, war nichts im Verhalten des Tieres abnorm ausser einer gewissen Stumpfheit oder Apathie, und auch diese war mit dem Fortschritte der Zeit nicht besonders bemerkbar. Der dritte Affe (Vers. 19) starb komatös am 5. Tage infolge septischer Infektion der Wunde. Am Tage nach der Operation waren die Augenlider so ödematös, dass die Augen nicht deutlich zu sehen waren, und das Tier war sehr stumpf und verdrossen, es achtete nicht auf die Umgebung, oder lief gelegentlich in einer zwecklosen Weise herum. Am 4. Tage war es ebenso. Endlich der vierte Affe (Vers. 20) erschien am Tage nach der Operation vollkommen gesund und lief rastlos hin und her. Am 3. Tage war er immer geschäftig und ruhelos, indem er unaufhörlich umherlief und im Stroh usw. am Boden des Käfigs herumtappte. Am 4. Tage sass er gelegentlich still mit leerem Blick, aber gewöhnlich lief er ruhelos umher oder tappte am Boden des Käfigs herum. Der abwechselnd stumpfe und ruhelose Zustand bestand fort, bis der Affe 11 Tage nach der Operation starb, — wie Hr. Ferrier vermutete, weil derzeit sehr kaltes Wetter war, wie man richtiger annimmt, infolge schlechter Heilung, denn es wurden zwar Eiterung und Entzündung nicht bemerkt, aber die Wundränder nicht geheilt gefunden. Man sieht, andauernde Stumpfheit und Ruhelosigkeit sind bloss bei den beiden Affen beobachtet, die unter schlechter Heilung der Wunde schon in kurzer Zeit nach der Operation starben, während die beiden anderen Affen, deren Wunden gut verheilten und die lange lebten, nichts Abnormes zeigten, ausser in dem einen Falle eine gewisse Stumpfheit in der ersten Zeit nach der Operation. Und daraus lässt sich doch, selbst wenn man in allem, das Hr. Ferrier als Stumpfheit und Ruhelosigkeit verzeichnet, vertrauensvoll Krankhaftes sieht, nichts anderes schliessen, als dass, wenn solche psychische Störungen nach der Exstirpation der Stirnlappen auftreten, sie nicht die Folgen des Fehlens der Stirnlappen, sondern die Folgen des operativen Eingriffs und der schlechten Wundheilung sind.¹⁾

1) In einer neuesten Veröffentlichung von Ferrier und Turner (Phil. Transact. of the R. Soc. of London, B. 190. 1898) ist noch folgendes von zwei Versuchen angegeben. Einem Affen (Vers. 8, S. 5) wurden der Stirnlappen und der Gyrus angularis zuerst linkerseits und 3 Wochen später rechterseits entfernt. Danach war der Affe vollkommen blind, und von der Berührungsempfindlichkeit, die schwer zu bestimmen war, „weil der Affe etwas apathisch war“, gab sich nichts zu erkennen. Der Affe wurde am 5. Tage nach der zweiten Operation getötet. Ein anderer Affe (Vers. 30, S. 35), dem der linke Stirnlappen bis zur Präzentalfurche entfernt war, „blieb für 5 Tage in

Hr. Hitzig, der schon vor jedem Versuche das Stirnhirn für die höheren psychischen Tätigkeiten in Anspruch genommen und demnächst nach Exstirpationen am Stirnhirn „niemals irgend eine Funktionsstörung“ beobachtet hatte¹⁾, hat später²⁾ zu Versuchen mit Abtrennung und Auslöfflung der Stirnlappen Hunde verwandt, „deren Benehmen vor der Operation genau studiert war und die ausserdem noch möglichst gut abgerichtet waren. Namentlich wurden sie daran gewöhnt, ihr Futter mit oder ohne Zuhülfenahme eines Stuhles auf einem Tische zu suchen“. „Nach doppelseitiger Operation“, sagt Hr. Hitzig, „hatten sie diese Kunststücke vergessen und lernten sie auch nicht wieder. Ja sie zeigten eine so hochgradige Gedächtnisschwäche, dass sie die Existenz von eben gesehenen Fleischstücken wieder vergassen. Solche Hunde fressen allerdings Fleisch, das man ihnen vorwirft, so lange sie es sehen, aber sie suchen die ihnen bekannten Futterplätze nicht, wie gesunde Hunde auf. Ausserdem zeigen sie noch eine Reihe von anderen Veränderungen in ihrem Benehmen, auf die ich jetzt nicht näher eingehen will.“ Mit dieser Ausführung, die bisher keine Ergänzung erfahren hat, ist Hr. Hitzig meinen Angaben entgegengetreten und dabei geblieben, dass die Stirnlappen der Sitz der Intelligenz im höheren Sinne, vor allen Dingen die besonderen Organe des abstrakten Denkens sind.³⁾ Doch haben die Hitzigschen Hunde ferner noch Störungen in den Bewegungen der Extremitäten, der Zunge und der Lippen und auch für einige Tage erhebliche Sehstörungen dargeboten und damit zu erkennen gegeben, dass die Hemisphären weit über die Stirnlappen hinaus angegriffen waren. Daher war Hr. Hitzig offenbar nicht berechtigt, einzig und allein der Schädigung der Stirnlappen die Gedächtnisschwäche und die „anderen

einem stumpfen, schläfrigen Zustande, aus dem er zeitweilig durch Reizung erweckt werden konnte, in den er aber wieder verfiel. Zu Ende dieser Zeit wurde er munter (brightened up) und erwies sich bei der Sehprüfung als rechtsseitig hemianopisch“. Die Hemiopie und eine Störung der Hautempfindlichkeit verloren sich mit der Zeit. Einen Monat nach der Operation wurde der zweite Stirnlappen in geringerer Ausdehnung entfernt. Nur eine Deviation der Augen stellte sich für die ersten paar Tage ein. „Der charakteristische psychische Zustand, wie er als Folge der Entfernung beider Stirnlappen beschrieben ist, wurde bei der Gelegenheit gut gesehen.“ Der Affe lebte 5 Wochen nach der zweiten Operation. — Also der erste Affe, der in der allerebelsten Verfassung war, weshalb er offenbar auch so früh getötet wurde, zeigte nur „etwas Apathie“, der zweite Affe dagegen in guter Verfassung „Stumpfsinn und Ruhelosigkeit“! Wahrscheinlich lief der letztere Affe tüchtig herum und starrte auch gelegentlich in die Luft. Interessant ist, dass hier im zweiten Versuche schon nach der Exstirpation eines Stirnlappens die Wirkung des Shocks gerade so hervortritt, wie in dem oben im Texte angeführten Vers. 23 von Ferrier.

1) Vergl. Grosshirnrinde 139.

2) Arch. für Psychiatrie 15. 1883. 270.

3) S. auch Le Névraie 1. 1900. 318.

Veränderungen im Benehmen“ zuzuschreiben, die mit einer viel ausgedehnteren Schädigung der Hirnrinde verbunden waren.

Nicht anders findet man zu urteilen, wenn man Hrn. Bianchis Untersuchung¹⁾ mustert. Sie erscheint zuerst viel versprechend, da man von strenger Asepsis und von monatelanger Beobachtung von 12 Affen und 6 Hunden ohne Stirnlappen hört; aber je mehr man weiter erfährt und die als Muster gegebenen Versuche betrachtet, desto mehr sieht man sich enttäuscht. Die Tiere zeigten allerdings sehr grosse psychische Störungen, Gleichgültigkeit gegen die Umgebung, Gedächtnisschwäche, Mangel an Kritik und Ueberlegung, zweckloses Umherlaufen usw., ja man konnte einzelne Tiere blödsinnig nennen. Doch hatte der operative Eingriff nicht eine bestimmte hintere Grenze festgehalten und öfters beim Hunde die Supraorbitalfurche, beim Affen die Präzentalfurche überschritten, so dass er in die Arm- und die Kopfregion hineinreichte. Auch war mit so schlechtem Erfolge antiseptisch (nicht aseptisch) verfahren worden, dass es zu Schwellungen und Eiterungen kam. Paresen der Extremitäten, Paresen des Gesichtes, Hemianopsien waren gewöhnliche Folgen gewesen und hatten oft sehr lange fortbestanden.²⁾ Die Schädigungen der Hirnrinde waren also hier wiederum weit über die Stirnlappen hinausgegangen und sogar noch grösser gewesen als bei den Hitzigschen Versuchen.

Absichtlich endlich war in so grosser Ausdehnung die Hirnrinde

1) Brain 18. 1895. 497. (Im Auszuge nach der Mitteilung auf dem internat. mediz. Kongress zu Rom 1894: Arch. ital. de Biologie 22. 1895. p. CII; vergl. noch J. Soury, Le système nerveux central. Paris 1899. 990.)

2) Ich gebe als Belege einen Auszug aus den Protokollen.

Affe *b* links operiert. Etwa 3½ g Hirnsubstanz entfernt.

2. Tag. Des Morgens Fieber, Nachmittags normale Temperatur.

5. Tag. Parese der rechten Extremitäten. Rechtes Auge hemianopisch.

8. Tag. Ebenso. Parese vielleicht geringer.

29. Tag. Paretische Extremitäten kräftiger. Wenn rechte Hand zu benutzen gezwungen, Bewegungen noch unsicher. Sehen noch nicht perfekt in der affizierten Region.

Nach 7 Wochen rechts operiert. Etwa 4 g Hirnsubstanz entfernt.

4. Tag. Beträchtliche Schwellung an Operationsstelle; kein Fieber. Beim Stehen auf Hinterbeinen stützt linkes unsicher. Beim Gehen wird rechter Arm geschleift. Tendenz zum Drehen rechtsherum. Reflexe beiderseits gesteigert. Mässige Reizungen (durch Berühren) führen allgemeine ungeordnete Krämpfe herbei. Linkes Auge fast ganz blind.

9. Tag. Weniger Drehen rechtsherum. Reflexe weniger gesteigert. Leichte Hyperästhesie links. Sehen noch beträchtlich gestört.

66. Tag. Drehen rechtsherum noch beträchtlich. Linksseitige Bewegungen besser, aber nicht normal; ebenso Sehen.

159. Tag. Noch etwas Tendenz zum Drehen. Linker Arm nicht viel benutzt, ausser zum Gehen. Getötet.

geschädigt worden bei den Goltzschen Versuchen, die eine Veränderung der Gemütsart oder des Charakters ergaben¹⁾, und deshalb hätten diese Versuche von vorneherein hier gar nicht herangezogen werden dürfen. Hr. Goltz hatte sich die Aufgabe gestellt, die sogenannte erregbare Zone in möglichst grosser Ausdehnung und Tiefe bei Hunden zu zerstören, und als hintere Grenze der Exstirpation mindestens den Sulcus cruciatus genommen, gewöhnlich sogar noch weiter nach hinten bis zum hinteren Rande des Gyrus sigmoideus die Exstirpation sich erstrecken lassen. Dabei hatte er beobachtet, dass „Hunde nach der Wegnahme des Vorderhirns in der Regel einen reizbaren, aufgeregten Charakter bekommen“

Affe *c* rechts operiert. Etwa 6g Hirnsubstanz entfernt.

2. Tag. Schläfrig. Sitzt. Geht normal im Käfig herum. Linkes Auge hemianopisch.

3. Tag. Ebenso. Etwas krank.

6. Tag. Genesen von der Operation. Wunde per primam geheilt. Normal bis auf Hemianopsie.

11. Tag. Hemianopsie schwächer.

5 $\frac{1}{2}$ Monate später links operiert.

3. Tag. Schläfrig. Sitzt und geht. Rechte untere Gesichtshälfte gelähmt.

10. und 15. Tag. Gesichtsparese nicht so ausgesprochen, aber deutlich. Benutzt rechte Hand, aber weniger sicher. Rechtes Auge hemianopisch. Reflexerregbarkeit gesteigert.

Nach ca. 2 $\frac{1}{2}$ Monaten getötet.

Affe *d* beiderseits operiert.

2. und 3. Tag. Stupor. In seinem Lager gehalten.

8. Tag. Munterer, aber der ganze Kopf ödematös. Reflexerregbarkeit gesteigert, besonders links; auf leiseste Berührung, selbst an den Spitzen der Haare, Bewegungen des ganzen Körpers; auf leisesten Druck oder Stich lautes Schreien. Geht schlecht, schwankend, Kopf und Körper gekrümmt; linkes Bein wird geschleift; rechter Arm wenig benutzt. Verlässt kaum sein Lager, fährt aber bei Geräusch, Berührung usw. schreiend auf.

15. Tag. Schwellung hat nachgelassen. Oertliche Eiterung besteht, und ein oberflächlicher Abscess wird geöffnet. Derselbe Zustand. Isst aber besser und ist resistenter; geht, obwohl etwas unsicher. Rechtes Bein sehr gelähmt.

19. Tag. Eiterung hat aufgehört. Wunde granuliert, antiseptisch verbunden. Kein Fieber seit der Operation. Setzt durch sein neues Benehmen in Erstaunen. Bleibt in der ihm gegebenen Position. Sitzt stundenlang mit gesenktem Kopfe wie ein Klumpen, oft schlafend, und fällt, aufgeschreckt durch ein Geräusch, sogleich wieder in die Verfassung zurück. Nur sein Lieblingsobst interessiert ihn und veranlasst ihn, sich zu bewegen, doch nur, wenn es nahe bei ihm auf den Boden gefallen ist. U.s.w.

3 Monate nach der Operation getötet.

Wie nach Umfang und Grösse der sekundären Folgen oder Nebenwirkungen der Exstirpationen zu erwarten, hat Affe *d* die schwersten, Affe *c* die mässigsten psychischen Störungen gezeigt.

1) Pflügers Arch. 34. 1884. 450.

und so, was ihre Gemütsart anlangt, das genaue Gegenstück derjenigen Hunde bilden, die beide Hinterhauptslappen verloren oder wenigstens den grössten Teil derselben eingebüsst haben, und die er regelmässig dauernd gutartig und harmlos fand, wenn sie vorher böse, gewalttätig, rauflustig gewesen waren. Die Stirnlappen hatte Hr. Goltz bei jenen Zerstörungen des „Vorderhirns“ in einer Reihe von Fällen mitausgeschält, in anderen unversehrt gelassen, und er war denn auch selber weit davon entfernt, die Charakterveränderung zum Verluste der Stirnlappen in Beziehung zu setzen. Er bestritt sogar bei anderer Gelegenheit in derselben Mitteilung, dass der von Hitzig betonte erhebliche Intelligenzdefekt, den ein Hund nach Wegnahme beider Stirnlappen erleidet, und den er „gewiss nicht leugnen wolle“, grösser ist, als nach einer gleich beträchtlichen Zerstörung innerhalb der sogenannten motorischen Zone; und er meinte mit aller Bestimmtheit behaupten zu müssen, dass die Intelligenzstörung nach grossem Defekt beider Hinterhauptslappen ungleich grösser ist als nach der Entfernung der Stirnlappen, — was sich einfach daraus erkläre, dass es sehr leicht ist, am Hinterhirn Stücke der grauen Rinde zu entfernen, deren Flächenraum denjenigen der Stirnlappenrinde weit übertrifft. Welcher Art der Intelligenzdefekt war, den Hr. Goltz nach Wegnahme beider Stirnlappen, wie nach einer gleich beträchtlichen Zerstörung innerhalb der motorischen Zone beobachtete, ist aus den Goltzschen Mitteilungen nicht zu entnehmen; es wäre denn der Defekt unter den Angaben zu suchen, dass der Hund nach Verlust eines Stirnlappens mindestens für einige Zeit die Fähigkeit, die gegenseitige Pfote zu reichen, verliert, für einige Zeit auf dem gegenseitigen Auge blind werden kann, mit den gegenseitigen Füßen ins Leere tritt und sonstige Proben gestörter Empfindung auf der Gegenseite gibt.

Die vorgeführten Versuchsreihen waren demnach für die Beantwortung der Frage nach den psychischen Funktionen der Stirnlappen, d. h. der Stirnwindungen vor der sogenannten motorischen Region, alle mit dem Fehler behaftet, dass die Hirnrinde erheblich über den Verlust oder die Zerstörung der Stirnlappen hinaus geschädigt war, teils durch die zu grosse Ausdehnung, die der Exstirpation gegeben worden war, teils infolge der Wirkungen des Shocks der Operation, teils und ganz besonders durch die entzündlichen Vorgänge, welche mit der schlechten Heilung der Wunde verbunden waren. Wo letzteres nicht unmittelbar zu erkennen ist, weil selbst die wichtigsten Angaben für die Beurteilung der Versuche nicht gemacht sind, geht es aus den Bewegungs- und Sehstörungen hervor, die zur Beobachtung kamen, und nicht einmal bloss aus diesen Störungen an sich, sondern auch aus der Uebereinstimmung, welche hinsichtlich dieser Störungen mit den anderen Versuchen mit ausgesprochener schlechter Heilung bestand. Nur zwei

Versuche aus der zweiten Ferrierschen Versuchsreihe machen eine Ausnahme, indem der eine (Vers. 22) ganz frei von dem Fehler war und an dem anderen (Vers. 23) der durch den Shock gesetzte Fehler bloss für die erste Zeit nach der Operation, nicht aber während der späteren langen Beobachtungszeit vorhanden war. In diesen beiden Fällen fehlten nun gerade die psychischen Störungen, die sonst überall gefunden wurden. Daher aus den Versuchen der HH. Ferrier, Hitzig, Goltz und Bianchi gerade das Gegenteil von dem, was man durch sie hat bewiesen sehen wollen, zu entnehmen ist, nämlich: dass der Verlust der Stirnlappen für sich allein nicht merkliche psychische Störungen mit sich bringt, solche Störungen vielmehr erst dann auftreten, wenn die Hirnrinde in weiterer Ausdehnung geschädigt ist.

Das ist es denn auch, was meine eigenen Versuche, die neuen wie die alten, ergeben haben. Ich trennte jederseits den Stirnlappen, wie ich erinnere, durch einen Schnitt ab, der beim Hunde dicht vor der Supraorbitalfurche und ihrer Verlängerung bis zur Falx, beim Affen ungefähr senkrecht zur Falx in der Höhe der vorderen Spitze des medialen Endes der Präzentalfurche durch die ganze Breite und Dicke der Hemisphäre geführt wurde, und nahm die Stirnlappen heraus oder liess sie an Ort und Stelle zurück. Letzterenfalls deckte zuweilen die Sektion auf, dass der Schnitt nicht überall die Schädelbasis erreicht hatte, so dass noch eine kleine Brücke von Hirnsubstanz den Stirnlappen, meist an seinem äusseren unteren Ende, mit dem übrigen Hirn verband; aber das war ebensowenig von Einfluss auf die zu besprechenden Erfolge, wie die kleinen Abweichungen im Verlaufe des Schnittes, die naturgemäss bei den verschiedenen Versuchen, ja an den beiden Hemisphären desselben Versuches sich herausstellten. Dagegen erwies es sich von der grössten Bedeutung, wie der Heilungsvorgang sich gestaltete.

In den ersten Jahren meiner Untersuchungen am Hirn, als ich ohne Massnahmen gegen die Sepsis mit den Exstirpationen voringing, war es die Regel, dass eine Encephalomeningitis von der jedesmaligen Operationsstelle ihren Ausgang nahm, in der nächsten Zeit je nach ihrer Heftigkeit mehr oder weniger weit über das Hirn sich ausbreitete und, wenn das Tier nicht zugrunde ging, in der Folge wieder unvollkommen oder vollkommen sich zurückbildete. Man konnte die Ausbreitung und die Rückbildung der Entzündung, wie ich es damals wiederholt schilderte¹⁾, an der Zunahme und der Abnahme der Bewegungs- und Sinnesstörungen, die das Tier darbot, verfolgen und ferner noch durch die Sektion die für die Dauer verbliebene Schädigung des Hirns an der Erweichung der

1) Grosshirnrinde 12, 18, 27, 59, 149.

Hirnsubstanz, der Verfärbung und Konsistenzveränderung der Rinde, der Trübung der Pia usw. feststellen. Da mein Vorhaben dahin ging, die Funktionen der operativ angegriffenen Rindenpartie zu ermitteln, durfte ich lediglich diejenigen Versuche als ganz gelungen ansehen, bei welchen eine schwache Entzündung sich auf die nächste Umgebung der Exstirpationsstelle beschränkte und in einigen Tagen ablief, als brauchbar noch die Versuche, bei welchen eine etwas stärkere Entzündung die Nachbarschaft, jedoch nur vorübergehend für kurze Zeit in Mitleidenschaft zog, und musste ich als unbrauchbar und misslungen alle die Versuche verwerfen, bei welchen die Entzündung sich weiter über das Hirn ausbreitete und in längerer Zeit unvollkommen zurückbildete, selbst wenn nur die Nachbarschaft der Operationsstelle dauernd geschädigt blieb. Damals bildeten die letzteren misslungenen Versuche die grosse Mehrzahl, aber sie wurden zur Minderzahl, als ich später zum antiseptischen Verfahren übergegangen war, und zu äusserst seltenen Ausnahmen, als ich schliesslich das aseptische Verfahren angenommen hatte; ja, schon solche Versuche, wie ich sie früher als brauchbare neben den gelungenen benutzt hatte, waren jetzt, besonders bei den Affen, Seltenheiten geworden, da die Wunden in der Regel, ohne irgendein Anzeichen eines entzündlichen Vorganges in der Umgebung, in wenigen Tagen per primam verheilten. Ich habe nun nach der Exstirpation beider Stirnlappen psychische Störungen der Tiere bloss bei Versuchen beobachtet, über welche als misslungene Versuche ich 1882 flüchtig hinwegging¹⁾, und zwar in solchen Fällen, in welchen auf eine weite Verbreitung der Entzündung eine sehr langsame Rückbildung folgte. Mit Bewegungsstörungen des Halses, des Kopfes, der Extremitäten und auch, wie es den Anschein hatte — denn zuverlässige Ermittlungen waren unter den Umständen ausgeschlossen —, mit Gefühls-, Seh- und Hörstörungen zeigten sich da durch Wochen²⁾ Apathie oder Stumpfheit, zeitweise Aufgeregtheit oder Ruhelosigkeit, dummes oder blödsinniges Verhalten verbunden. Bei den anderen misslungenen Versuchen, ferner bei den brauchbaren und vollends bei den gelungenen Versuchen habe ich von solchen psychischen Störungen nichts gefunden.

Wo der gut ausgeführten Abtragung der Stirnlappen keine Entzündung folgte und die Wunde in wenigen Tagen per primam vernarbte, bin ich neben den somatischen Störungen, die ich oben³⁾ beschrieb, auf keine andere psychische Veränderung bei den Tieren gestossen, als dass Schläfrigkeit und Apathie unmittelbar an die Operation sich anschlossen

1) Ebenda 146, 158.

2) Ich habe diese Tiere, wenn sie nicht starben, da nur noch die Sektion für meine Zwecke wertvoll war, spätestens 4—6 Wochen nach der Operation töten lassen.

3) S. oben 191 ff.

und unter allmählicher Abnahme bald rascher, bald langsamer, immer aber in den nächsten Tagen sich verloren. Was schon dies zeitliche Verhalten lehrte, dass hier nur eine Wirkung der Narkotisierung und des mechanischen Angriffs der Hemisphären oder des Shocks vorlag, das tat auch das Auftreten solcher Schläfrigkeit und Apathie nach anderen beiderseitigen Operationen dar. Ich habe sie bei den Affen, bei welchen ich vergleichend darauf achtete, ungefähr ebenso mit den nämlichen individuellen Schwankungen nach der Exstirpation beider Hinterhauptslappen gesehen und nach grösseren beiderseitigen Exstirpationen im Bereiche der Extremitätenregionen, wenn deren mediale Partien mit betroffen waren, geringeren Grades nach kleineren beiderseitigen Exstirpationen der Extremitätenregionen und nach der Exstirpation beider Gyri angulares. Aber wie ich durch die Reihe der Jahre immer wieder die Stirnlappen bei Affen exstirpierte, habe ich in den letzten Jahren öfters auch Tiere erhalten, die, sobald die Wirkung der Aethernarkose sich verloren hatte, gar nichts von Schläfrigkeit und Apathie zeigten, die, um Mittag operiert, manchmal schon als ich sie am Nachmittag wiedersah, jedenfalls aber am nächsten Morgen keinerlei psychische Veränderung bemerken liessen und so lebhaft und munter waren wie vor der Operation. Wie es geschah, vermag ich nicht weiter zu sagen, ich kann es nur der Uebung und Sicherheit im Operieren, die ich erlangt hatte, zuschreiben, aber offenbar ist es mir in diesen Fällen gelungen, auch die Wirkung des mechanischen Angriffs der Hemisphären oder des Shocks auszuschliessen oder doch dermassen auf ein Minimum zu reduzieren, dass sie unter der Nachwirkung der Narkose verborgen blieb.

Der Sektionsbefund war bei allen gelungenen Versuchen derselbe. An der Operationsstelle fand sich statt der Hirnhäute eine derbe, sehnige, mit der Haut verwachsene Platte, von der aus jederseits eine dünne fibröse Membran zur Schädelbasis zog, — wo der Stirnlappen zurückgelassen war, sichelartig zwischen ihm und der übrigen Hemisphäre, wo der Stirnlappen entfernt war, wie ein Vorhang die Hemisphäre nach vorn abschliessend. Mit diesem Fortsatze war die angrenzende Hirnsubstanz verwachsen und in einer Scheibe von etwa 1 mm Dicke gelblich erweicht. Im übrigen waren, bis auf etwas Schrumpfung des Stirnlappens, wo er zurückgelassen war, Hirn und Hirnhäute normal. Und derart war auch der Befund bei den meisten der brauchbaren Versuche; bei den anderen waren noch stellenweise auf eine kurze Strecke vom Fortsatze aus die Pia getrübt, verdickt und adhärent, die Rinde leicht verfärbt.

Um auch feinere Veränderungen der Intelligenz oder des Charakters mir nicht entgehen zu lassen, habe ich die Affen in der Regel erst operiert, nachdem ich durch eine längere Zeit ihre Eigenheiten studiert

hatte, und ihr Verhalten nach dem Verluste der Stirnlappen immer mit dem Verhalten normaler Affen und solcher, die an den Extremitätenregionen oder am Gyrus angularis operiert waren, beobachtend und prüfend verglichen, bis sie früher oder später, manche erst nach Jahr und Tag (gewöhnlich an akuten Darmkrankheiten) zugrunde gingen. Aber alle meine Aufmerksamkeit hat mich nichts entdecken lassen, wodurch sich der Affe ohne Stirnlappen von dem mit Stirnlappen unterschieden hätte. Beidemale sah man in gleicher Weise Spielen und Zanken mit den Genossen, Putzen und Tyrannisieren derselben, Neiden und Ueberlisten oder Hassen und Strafen, wenn das Futter in Frage kam. War der Affe vor der Operation freundlich und zutraulich zu den einen, böse und auffahrend gegen die anderen Menschen gewesen, so war sein Benehmen gegen dieselben Menschen dasselbe auch nach der Operation. Hatte er dem Beobachter vorher die Taschen untersucht und Zucker herausgeholt, so machte er nachher es ebenso; und hatte er es vor der Operation nicht getan, so verfiel er darauf sehr wohl nach der Operation, unterliess es aber auch wieder, jedesmal dass man ihm drohte. Andere Belege dafür, dass an dem stirnlappenlosen Affen das Gedächtnis, die Aufmerksamkeit, die Apperception, die Reflexionsfähigkeit und dergl. mehr nicht geschädigt waren und die psychischen Hemmungen für die Willkürhandlungen nicht fehlten, habe ich schon früher beigebracht¹⁾, und ich will nicht wiederholen. Ich habe, wo es Klugheit oder Schlaueit aufzuwenden galt, um in den Besitz der schwer zugänglich gemachten Lieblingsnahrung zu gelangen, den Affen ohne Stirnlappen ebenso die geeigneten Mittel und Wege finden sehen, wie den Affen mit Stirnlappen, und habe jenen wie diesen unter fortgesetzten und immer geschickteren Bemühungen, den Käfig zu öffnen, schliesslich dahin kommen sehen, dass er mit der richtigen Hand die Kette hob, welche die Verschiebung des Verschlussstabes hemmte, und zugleich mit der anderen Hand den Verschlussstab hochzog.²⁾

1) Grosshirnrinde 158.

2) Von übereinstimmenden Erfahrungen Anderer ist wenig zu berichten. Von Horsleys und Schäfers Versuchen (Phil. Transact. 179, B. 1888. 3—4, 24—5) lässt sich nur der Affe 2 heranziehen, der nach der Exstirpation beider Stirnlappen in nahezu 3 Monaten keinerlei Störung zeigte. Affe 3 erholte sich nicht gut von der Operation und starb am 6. Tage. Beim Affen 1, von dem gerade hervorgehoben ist, dass er unverändert intelligent blieb und nach wie vor seine Kunststücke machte, war die Exstirpation unzureichend, da lediglich die Spitzen der Stirnlappen entfernt waren. Hr. Groszlik (Arch. f. [Anat. u.] Physiol. 1895. 119ff.) konnte nach den wenigen Versuchen an Hunden, bei welchen er erst den einen und nach Monaten den anderen Stirnlappen entfernte, „nicht irgend eine Tatsache zu Gunsten des Vorhandenseins rein intellektueller Störungen anführen, oder irgend eine Beobachtung, die in unverkennbarer Weise auf Abschwächung des Gedächtnisses, des Verständnisses

Viermal hatte ich bei diesen Versuchen ausser den beiden Stirnlappen auch die beiden Gyri angulares extirpiert, dreimal 2—4 Monate nachher, einmal einen Monat vorher: und also auch da, wo man vielleicht auf grund von Hrn. Lucianis Lehre¹⁾ hätte an eine Kumulation der psychischen Störungen denken mögen, war nichts von solchen Störungen zum Vorschein gekommen, Ich konnte es allerdings nicht anders erwarten, da ich nie bei meinen zahlreichen Versuchen einen Affen infolge der Exstirpation der Gyri angulares oder einen Hund infolge der Exstirpation der entsprechenden Regionen *F*, meiner Augenregionen, psychisch gestört sah, und da auch von Anderen gar nichts der Art beobachtet war, — nicht einmal von Hrn. Luciani selber. Denn Hr. Luciani hat bloss deshalb, weil seine unbrauchbaren²⁾ Versuche ihm vortäuschten, dass die Region *F* das gemeinsame Gebiet der Sehsphäre, der Hörsphäre, der Fühlsphäre und der Riechsphäre sei, gerade diese Region als die wichtigste an der Hemisphäre des Hundes, gewissermassen als das „Zentrum der Zentren“ angesehen und ihrer beiderseitigen Verstümmelung die tiefsten Störungen der Psyche des Hundes zugeschrieben. Bei dem einzigen Versuche, den er dafür anführen konnte, bei seinem Hunde *R*, lehrt der erste Blick auf das Protokoll³⁾, dass die psychische Störung schon durch die epileptischen Anfälle, die nach der zweiten Operation eintraten, ihre Erklärung fand. Und dass er die Goltzsche Angabe vom Böse- und Reizbarwerden vorher sanfter und freundlicher Hunde zu Hülfe nahm, beruhte auf einem offenbaren Missverständnis; denn die Goltzschen Beobachtungen waren an Hunden gemacht, bei welchen die Exstirpationen nicht weiter nach hinten, als bis etwa zum Sulcus cruciatus und höchstens gerade bis zur vorderen Grenze der Region *F* sich erstreckten⁴⁾.

Mithin bietet nicht nur das gesamte vorliegende Versuchsmaterial nicht den mindesten Anhalt für die Lehre, dass der Stirnrinde unserer Rumpfregeion oder der Scheitelrinde unserer Augenregion eine besondere Stellung bezüglich der höheren psychischen Funktionen gegenüber der übrigen Rinde zukommt, sondern tun auch alle brauchbaren und fehler-

oder der Geschicklichkeit hinwiese“. Trotzdem war er schliesslich „weit davon entfernt, die Ansichten Hitzigs und Ferriers ganz zu verwerfen“; er hat nur „nachweisen wollen, dass die Lehre von den Stirnlappen als Zentren höherer psychischer Tätigkeit bis jetzt noch auf kein Argument gegründet ist, das als einiger-massen beweisend angesehen werden könnte“.

1) Brain 7. 1884. 159—60. — Luciani und Seppilli, Die Funktionslokalisation auf der Grosshirnrinde. Leipzig 1886. 393—4. — S. oben 163—4.

2) S. oben 165—6.

3) Die Funktionslokalisation usw. 100.

4) S. oben 210. — Merkwürdigerweise hat später auch Goltz (Pflügers Arch. 42. 1888. 464) Lucianis „Erfahrungen“ als Bestätigungen der seinigen angeführt.

losen Versuche unmittelbar und ausnahmslos die Unrichtigkeit der Lehre dar. Man kann danach nur noch die Frage aufwerfen, ob auch die pathologischen Erfahrungen am Menschen mit den Ergebnissen der Versuche übereinstimmen. Eine solche Uebereinstimmung zu erwarten, ist man, wo es sich um die höheren psychischen Funktionen handelt, gewiss nicht überall berechtigt, aber doch in unserem Falle. Denn die Abhängigkeit der Intelligenz, des Denkens, der Aufmerksamkeit, des Charakters von einem bestimmten und beschränkten Grosshirnteile würde, wie die entsprechende Abhängigkeit des Sehens oder des Hörens usw., eine so fundamentale Eigenheit sein, der Grosshirnteil würde trotz allen seinen noch so engen Verbindungen mit dem übrigen Grosshirn doch immer derart gewissermassen ein besonderes psychisches Organ im Grosshirn repräsentieren, dass die grundsätzliche Abweichung des Menschen von den ihm nahestehenden Tieren unbegreiflich wäre. Nachdem für die Grundzüge der Leistungen des Grosshirns bisher in allen anderen Fällen sich herausgestellt hat, dass die Ergebnisse der Versuche an jenen Tieren auch für den Menschen Geltung haben, dürfen wir dasselbe im vorliegenden Falle vermuten, und wir wollen untersuchen, ob nicht auch die pathologischen Erfahrungen am Menschen unsere Ermittlungen bestätigen.

Was die Stirnlappen betrifft, so konnte ich 1882 als das Ergebnis eines gleichen Unternehmens hinstellen: „Dass Krankheiten der Stirnlappen besonders ausgezeichnet sind durch Blödsinn oder allgemeine geistige Degradation, und dass Verletzungen der Stirngegend bleibende Störungen der geistigen Fähigkeiten und Eigenschaften mit sich bringen, das lässt sich bloss kritiklos und ganz willkürlich einzelnen Erfahrungen entnehmen, welchen eine sehr viel grössere Zahl gegenteiliger Erfahrungen gegenübersteht. Darüber ist so sehr alles einig, dass, so vielfach in der letzten Zeit die Lokalisation der Hirnkrankheiten auf grund des gesamten vorliegenden Materials studiert worden ist, doch von keiner Seite Schlüsse jener Art sind gezogen worden“. Aber seitdem ist man einigemal zu solchen Schlüssen gekommen, indem man sich jedesmal auf die Versuche von Hrn. Ferrier, Hrn. Hitzig und besonders Hrn. Goltz stützte und mit sehr spärlichen neuen Erfahrungen ein paar ausgewählte ältere Erfahrungen zusammenkoppelte.

Am bedeutsamsten dürfte der Versuch von Frl. Leonore Welt¹⁾ erscheinen, Veränderungen des Charakters auf Schädigungen der Stirnlappen zurückzuführen. Zwölf Beobachtungen sind zugrundegelegt, darunter freilich, wie man erfährt, die Beobachtung V nur der Vollständigkeit wegen und die Beobachtungen IV und VIII, die keine

1) Deutsch. Arch. f. klin. Medizin. 42. 1888. 339—90.

Charakterveränderungen zeigen, ebenso wie die Beobachtung V nur auf Hrn. Ferriers Autorität hin aufgenommen, der dort in den intellektuellen Störungen eine Bestätigung seiner experimentellen Ergebnisse gesehen hatte. Aber nicht einen einzigen der zwölf Fälle sehen wir der notwendigen Kritik standhalten.

Von vorneherein sind die Fälle IV, VII, und VIII¹⁾ auszuschneiden, weil es bei so schweren und unmittelbar zum Tode führenden Hirnleiden unzulässig war, die Krankheitssymptome bloss auf die Verletzungen, bez. Abscesse der Frontallappen, welche die Sektion ergab, zu beziehen und die unter den Umständen nie fehlenden Fern- oder Nebenwirkungen auf andere Hirnteile ganz zu vernachlässigen. Auszuschneiden sind auch sogleich die Fälle XI (Beob. von Balfour) und XII (Beob. von Klebs), in welchen, das eine Mal nach einem Schlage auf den Kopf, das andere Mal nach mehrjährigem Trunke, bereits durch lange Zeit epileptische Anfälle aufgetreten waren, ehe es zu verkehrten Handlungen, Stehlen, Schimpfen, Schlagen usw. kam. Da schon die Epilepsie für sich allein zur Erklärung der psychischen Veränderungen ausreichte, war es die reine Willkür, trotzdem bloss die Erkrankung der Stirnlappen verantwortlich zu machen, die in diesen Fällen die Sektion aufdeckte — zufällig, dürfte man sagen, wie in anderen Fällen solcher geistigen Störung die Erkrankung anderer Lappen. Und ebenso auszuschneiden ist der Fall III, bei welchem die Beobachtung (von Nobele 1885) dahin geht, dass ein 16 jähriger Bursche von düsterem, verschlossenem Charakter und geringen Geisteskräften, der sich aus Eifersucht eine Kugel in die Stirn geschossen und reichlich Hirnsubstanz verloren hatte, als die Wunde in 37 Tagen vernarbt war, munter, aufgeweckt und

1) Beob. IV (von Davidson) betrifft einen Mann, dem ein beträchtliches Stück der Hirnschale weggerissen und aus der Wunde die Hirnsubstanz hervorgequollen war, und der, am nächsten Tage operiert, komatös nach 2 Tagen starb. Bei Beob. VIII (von Lépine) handelt es sich um einen von vorneherein somnolenten Mann, der unter schweren Krankheitserscheinungen, dabei auch einem Anfalle von Zuckungen, in 1½ Monaten, während welcher der Zustand vorübergehend so weit sich besserte, dass der Mann auf Fragen gut antwortete, dem Tode entgegenging; die Sektion ergab einen hühnereigrossen und einige bohnergrosse Abscesse des rechten Frontallappens infolge von alter Nasenkrankheit und Caries von Sieb- und Stirnbein. Bei dem jungen Mädchen der Beob. VII (von Eulenburg 1868) trat zu heftigem rechten Supraorbitalschmerz und Erbrechen am 13. Tage der Krankheit eine auffallende Redseligkeit hinzu, der 3 Stunden lang heftige klonische Krämpfe des ganzen Körpers mit Bewusstseinsverlust folgten. Die Redseligkeit, mit erhöhter Intelligenz und geschärften Sinnen verbunden, das Erbrechen und der Kopfschmerz bestanden bis zum Tode am 27. Tage fort. Bei der Sektion fanden sich Erkrankung der Nase, Caries des Siebbeins und ein mehr als hühnereigrosser Abscess im rechten Vorderlappen; die benachbarte Hirnsubstanz war rot erweicht, das übrige Hirn blass und von etwas weicher Konsistenz.

lustig wurde und über den Verlust des Sehvermögens kaum betrübt erschien.¹⁾ Wie man da verlangen kann, in der Munterkeit usw. die Folgen der Schädigung der Stirnlappen zu sehen, ist nicht zu verstehen: der Bursche war naturgemäss zunächst froh, mit dem Leben davongekommen zu sein, und offenbar gut bei Verstande, da er, wie noch ausdrücklich bemerkt ist, über die Ursache seines Selbstmordversuches sich nie auslassen mochte.

Sodann besagt die Beobachtung V (von Selwyn 1838) nichts weiter, als dass ein junger Mann, dem im Alter von 4 Jahren ein Käsemesser über dem rechten Auge $3\frac{1}{4}$ Zoll tief ins Gehirn gedrungen und zweimal etwas Hirnsubstanz ausgetreten war, 17 Jahre später ein sehr mangelhaftes Gedächtnis, wie Unfähigkeit zu anhaltender geistiger Tätigkeit zeigte und von Temperament reizbar war, besonders wenn er geistige Getränke genossen hatte oder sonstwie erregt war. Wo so der Sektionsbefund und alle Angaben über den Heilungsvorgang fehlen, lässt sich aber nicht behaupten, dass ausschliesslich die Stirnlappen geschädigt waren, und erst recht nicht daher das psychische Verhalten nach 17 Jahren, wenn man es selbst schon als pathologisch ansehen will, ableiten, da der Mann zweimal den Typhus durchgemacht hatte und im übrigen sein Schicksal und sein Befinden während der ganzen Zwischenzeit unbekannt geblieben sind. Noch schlechter steht es um den Fall VI, bei welchem sich die Beobachtung (von Langlet 1810) darauf beschränkt, dass nach einem Schuss in die Stirn und Zurückbleiben der Kugel im Gehirn der Kranke sich bald vollständig erholte und erst nach $1\frac{1}{2}$ Jahren eine auffallende mürrische Gemütsstimmung mit Kopfweh und Abnahme der Kräfte, dann ein epileptischer Anfall und plötzlicher Tod eintraten. Denn zugegeben, dass zuerst lediglich die Stirnlappen betroffen waren, so blieb ja deren Schädigung ohne merkliche Folgen, und das Mürrischsein war erst mit der späteren Erkrankung verbunden, die nur dem entsprach, was man so häufig nach experimenteller Verletzung des Grosshirns, gleichviel an welcher Stelle, beobachtet, dass Monate oder Jahre nach der vollständigen Verheilung unter irgendeinem Zufalle eine Encephalomeningitis von der Narbe aus über das Gehirn sich verbreitet und zum Tode führt, meist mit epileptischen Krämpfen, die ohne weiteres die ausgedehntere Schädigung des Hirns kundtun. Eine solche Nacherkrankung lag zweifellos auch im Falle IX (Beob. von Henoch) vor, wo bei einem Mädchen, das im Alter von $1\frac{1}{2}$ Jahren infolge einer Erschütterung eine leichte Lähmung der linken Extremitäten davongetragen

1) Weiter ist über den Fall nur noch bekannt, dass der Bursche nach 2 Monaten zu seinen Eltern zurückkehrte, im 5. Monate Konvulsionen sich einstellten und nach 2 Jahren der Tod eintrat.

hatte, die sich bald, aber nie ganz besserte, im 5. Jahre Störung der Sprache, Albernheit, Boshaftigkeit und schwankender Gang mit öfterem Fallen eintraten. Hier hätten aber auch schon die Sprach- und vollends die Gehstörungen für sich allein davon abhalten müssen, dass man ausschliesslich die beträchtliche Atrophie der rechten oberen Frontalwindung und die leichte Atrophie des ganzen rechten Vorderlappens, welche sich bei der Sektion des an Diphtherie gestorbenen Kindes fanden, als die Ursache der Albernheit und Boshaftigkeit ansprach.

Weiter bot im Falle X (Beob. von Baraduc) ein 73 jähriger Greis zuerst Zeichen geistiger Störung dar, war heiter, eigenwillig, prahlerisch, äusserst wortkarg, immer in Bewegung, und zeigte dann, bis er im Alter von 79 Jahren starb, eine stetige Abnahme der Intelligenz. Bei der Sektion fiel die Atrophie der Vorderlappen auf, während das übrige Hirn mit Ausnahme des rechten unteren Scheitelläppchens — bei der groben Betrachtung — normal erschien. Aber darum durfte man doch nicht auf jene Atrophie allein die psychischen Störungen beziehen; denn dass auch sonst die Rinde atrophisch war, verbürgt nicht bloss unsere Kenntnis von der senilen Atrophie, sondern auch die Angabe des Sektionsberichtes, dass einige Löffel intraarachnoidaler Flüssigkeit, Oedem der Pia und Hydrops ex vacuo der Ventrikel ($\frac{3}{4}$ Glas Flüssigkeit) gefunden wurden. Im Falle I (Beob. von Krönlein und Welt) war es infolge eines Sturzes aus dem Fenster unter Verlust von Hirnsubstanz zu einer Zerstörung besonders des rechten, weniger des linken Stirnlappens gekommen und war der vorher gutmütige Mann boshaft, zänkisch und heimtückisch, jedoch nur durch die ersten 5—6 Wochen, während die Eiterung aus der Wunde 12 Wochen lang dauerte; in der Folge war der Mann, der sich durch das Verhalten seiner Verwandten sehr in seiner Ehre gekränkt fühlte, höchstens schweigsamer als früher und liess nie eine Verkehrtheit oder eine Spur von Geisteszerrüttung bemerken, bis er 11 Monate nach dem Unfall an einer Pleuritis starb. Da die Boshaftigkeit nicht von Dauer war, lässt sie sich lediglich einer vorübergehenden Hirnerkrankung zuschreiben, und da sie nur in den ersten Wochen bestand, in welchen die mit dem Heilungsvorgange verbundene Entzündung am stärksten und ausgebreitetsten sein musste, naturgemäss dieser Entzündung, aber ebendeshalb nicht im mindesten der Entzündung gerade der Stirnlappen allein. Endlich im Falle II (Beob. von Harlow und Bigelow) war einem jungen Manne infolge einer Explosion eine $1\frac{1}{2}$ Zoll dicke Eisenstange vom linken Unterkieferwinkel her gegen die Pfeilnaht hin durch die Stirngegend hindurchgetrieben worden und unter Unruhe und zeitweisen Delirien bis zum 10. Tage, halb komatösem Zustande bis zum 20. Tage, Eiterung und Abscessen an Stirn und Fauces die Heilung in 66 Tagen erfolgt.

Seit dem 20. Tage war das Bewusstsein klar, aber der Patient war, als er vom 26. Tage an aufstehen konnte, sehr kindisch; infolge einer Erkältung bestand am 60. Tage Fieber mit grosser Reizbarkeit und Verstimmung. Eine Untersuchung nach 18 Monaten ergab, dass ein handflächengrosses Stück des Stirnbeins bis nahe an die Kranznaht durch die Stange emporgehoben und prominent war, so dass dahinter die Pulsation des Gehirns gefühlt werden konnte. Der Mann war vor dem Unfall der fähigste Werkführer gewesen und konnte nachher von seinen Arbeitgebern die frühere Stelle nicht wieder erhalten, weil er eine schwere Einbusse an seiner Intelligenz erlitten hatte und launisch, unehrerbietig, in der Rede unanständig, wankelmütig, zeitweise ungemein eigensinnig geworden war. Er starb nach 12 $\frac{1}{2}$ Jahren an epileptischen Krämpfen. Die Sektion ist nicht gemacht und nur am exhumierten Schädel der Weg der Eisenstange bestimmt worden. Wenn darnach auch bloss der linke Stirnlappen und die Spitze des linken Schläfenlappens unmittelbar durch die Stange zerstört waren, so hat doch, wie die Delirien und der lange halb komatöse Zustand lehren, unzweifelhaft eine heftige Entzündung durch lange Zeit weithin über das Hirn sich erstreckt; und dass eine derartige Entzündung sich vollkommen zurückgebildet und keine Schädigung ausserhalb der Stirnlappen zurückgelassen haben sollte, ist nicht anzunehmen. Dazu kommt, dass hier, wo die Verletzung so gross und die Entzündung so mächtig gewesen waren, gewiss auch Nacherkrankungen des Gehirns nicht ausgeblieben sind, wensschon infolge der unzureichenden ärztlichen Beobachtung des Mannes nichts weiter darüber bekannt geworden ist, als dass es epileptische Krämpfe waren, an denen der Mann starb. Der Fall ist daher nicht im entferntesten dazu angetan, die psychischen Störungen als lediglich von der Schädigung der Stirnlappen abhängig darzutun.

Auch von anderen Seiten, so besonders von Hrn. Ferrier¹⁾ und Hrn. von Monakow²⁾, ist auf die letztbesprochenen Fälle als Beweise für die höheren psychischen Leistungen des Stirnhirns Gewicht gelegt worden. Um so bemerkenswerter ist es, dass schon Frl. Welt selber schliesslich durch „das so seltene Vorkommen von Charakterveränderungen infolge von Läsionen des Stirnhirns überhaupt“ und durch „den Umstand, dass niemals sofort, z. B. nach einer Verletzung mit Verlust von Hirnsubstanz aus der Stirngegend, solche Erscheinungen beobachtet wurden“, stutzig geworden ist und die Charakterveränderungen durchaus

1) Die Lokalisation der Hirnerkrankungen. Uebersetzt von Pierson. Braunschweig 1880. 29 ff.

2) Gehirnpathologie. (Nothnagels Spezielle Pathologie und Therapie, 9. I. Teil.) Wien 1897. 492 ff.

nicht als Ausfallserscheinungen, bedingt durch den Tod bestimmter Hirngebiete, hat gelten lassen. Nach ihrer Meinung würde die Möglichkeit einer Erklärung der Charakterveränderungen gegeben sein, wenn man als Ursache bestimmte Veränderungen an den lebenden Geweben bestimmter Teile des Stirnhirns ansähe, wie solche in ihrem Falle XII bei der mikroskopischen Untersuchung in der Hyperplasie der Rinde sich gezeigt hatten. Indes findet sich für diese Annahme weiter keine Stütze, und es liegt auch gar keine Veranlassung vor, eine so heikle Annahme zu machen, wenn man die Fälle, wie es vorhin geschah, richtig beurteilt.

Ziemlich gleichzeitig mit dem Weltschen ist ein anderer Versuch von Hrn. Jastrowitz¹⁾ gemacht worden, eine Geistesstörung mit heiterem, kindischem, albernem und possenhaftem Verhalten, die Moria (Blödsinn mit eigentümlich heiterer Aufregung), in engere Beziehung zu Stirnlappen-Erkrankungen zu bringen. Von mehr als einem halben Dutzend von Fällen, über die Hr. Jastrowitz verfügte, hat er jedoch nur einen einzigen ausführlich mitgeteilt, in welchem sich eine etwa 4 cm lange und über 3 cm breite Geschwulst in der Spitze des rechten Stirnlappens fand: und in diesem Falle ist es unzulässig, die psychische Störung von der Schädigung der Stirnlappen allein abzuleiten, weil Epilepsie der Geisteskrankheit vorausgegangen war und ferner noch in gelegentlichen Zornanfällen epileptische Aequivalente neben Gesichts- und Gehörshalluzinationen auftraten. Nicht besser wird es von unserem Gesichtspunkte aus um die anderen Fälle bestellt gewesen sein, in welchen die Sektion gleichfalls bei den Geisteskranken eine Stirnlappen-Geschwulst ergab; besagt ja auch der einzige Anhalt, den man für die Beurteilung der Fälle aus der Mitteilung noch gewinnt, dass, „obgleich ausgesprochenere Lähmungen fast in allen Fällen bis zum Tode fehlten, die Bewegungen bei einigen doch eher schwerfällig und unbeholfen waren“, — wodurch das Miterkranktsein anderer Hirnteile ausser Zweifel steht. Unter den älteren Beobachtungen sollte nach Hrn. Jastrowitz die von Baraduc, die wir oben als Weltschen Fall X schon gewürdigt haben, „sich bedeutsam der von ihm gegebenen Schilderung nähern“ und überraschend übereinstimmen die Beobachtung von Velpeau und Delpech (1843). Da war ein 66 jähriger Coiffeur während der 11 Tage seines Spitalaufenthaltes spöttisch, ausgelassen, unzüchtig und bis zum Tode schwatzhaft gewesen, und es hatte sich in jedem Vorderlappen eine grosse skirröse Geschwulst gefunden. Aber auch in diesem Falle ist, dass noch andere Hirnteile ausser den Stirnlappen erkrankt waren, nicht nur wegen der unzureichenden Krankenbeobachtung und der oberflächlichen

1) Deutsche mediz. Wochenschr. 1888. Nr. 6.

Hirnuntersuchung nicht ausgeschlossen, sondern sogar mit gutem Grunde deshalb anzunehmen, weil nach unseren anderweitigen Erfahrungen so grosse skirrhöse Geschwülste, wo sie auch im Grosshirn sich befinden mögen, weit über ihren Sitz hinaus das Grosshirn zu schädigen pflegen.¹⁾

Selbst das eifrigste Bemühen hat also aus der reichen Litteratur der Grosshirn-Erkrankungen nicht mehr als eine winzige Zahl von Fällen zusammenzutragen vermocht, in welchen man die Störungen der Intelligenz, des Denkens, des Charakters usw. von der Stirnlappen-Erkrankung abhängig glauben konnte: und die Musterung der Fälle zeigt nicht ein einziges Mal die vermeintliche Abhängigkeit dargetan, vielmehr lediglich den Schluss berechtigt, dass die Stirnlappen-Erkrankung in Verbindung mit einer weiteren Schädigung des Grosshirns die psychischen Störungen zur Folge hatte. Nun liegen daneben zahlreiche Fälle vor, in welchen die Erkrankung anderer Grosshirnlappen, als der Stirnlappen, ebenfalls in Verbindung mit einer weiteren Schädigung des Grosshirns Störungen der Intelligenz, des Denkens, des Charakters usw. nach sich zog; und daher lässt sich ebensowenig die besondere Erkrankung der Stirnlappen dort, wie die der anderen Grosshirnlappen hier, sondern nur allgemein die Schädigung des Grosshirns in grösserer Ausdehnung für jene psychischen Störungen verantwortlich machen. Es kommt aber noch hinzu, dass in einer viel grösseren Zahl von Fällen, als für die psychische Bedeutung der Stirnlappen geltend gemacht wurden, Erweichungen, Abscesse, Geschwülste und andere Schädigungen der Stirnlappen ganz und gar ohne Folgen für das psychische Verhalten der Kranken sich ergeben haben²⁾. Darnach ist es unzweifelhaft, dass der Stirnlappenrinde eine besondere Stellung bezüglich der höheren psychischen Funktionen gegenüber der übrigen Grosshirnrinde nicht zukommt, auch wenn man einwendet und zugesteht, dass bei den letzteren Fällen, insbesondere denen aus älterer Zeit, Krankenbeobachtung und Sektion nur ungenau waren. Denn da es sich hier nicht um feine psychische Störungen, sondern um grobe und deshalb leicht auffallende Veränderungen der Intelligenz, des Denkens, des Charakters, der Aufmerksamkeit handelt, ist es undenkbar, dass solche Veränderungen in allen den Fällen der Beobachtung entgangen sein sollten; und andererseits ändert es nichts

1) Dass man übrigens Geschwülste und andere Erkrankungen der Stirnlappen nicht bloss, wie schon Jastrowitz selber angibt, oft ohne Moria gefunden, sondern auch mit anderen Psychosen, wie Melancholie, Manie usw. verbunden gesehen und andererseits wiederum Moria bei Geschwülsten in anderen Hirnteilen beobachtet hat, darüber vergl. Jules Soury, *Le Système nerveux central*. Paris 1899. 1009—16.

2) Man gewinnt rasch eine gute Uebersicht durch Welt, a. a. O. 362, 368, 376, 382, 389.

an dem, worauf es ankommt, wenn neben den beobachteten Erkrankungen der Stirnlappen das Gehirn noch anderweitig geschädigt war.

Wie bezüglich der Stirnrinde unserer Rumpfregeion, stimmen dann aber auch bezüglich der Scheitelrinde unserer Augenregion die pathologischen Erfahrungen am Menschen mit unseren experimentellen Ermittlungen überein. Es bedarf da keiner längeren Erörterung, weil für Hrn. Lucianis gemeinsames Gebiet der Sinnessphären, das „Zentrum der Zentren“, dessen beiderseitige Verstümmelung die tiefsten Störungen der Psyche herbeiführen sollte¹⁾, schon sein Mitarbeiter Hr. Seppilli keinerlei klinische Bestätigung fand²⁾ und von pathologischer Seite überhaupt nicht den Scheitelläppchen eine besondere Bedeutung für die höheren psychischen Funktionen zugeschrieben worden ist. Wohl hat man in Fällen, in welchen die hinteren Partien des Grosshirns, die Scheitelläppchen eingeschlossen, in grösserer Ausdehnung erkrankt waren, grobe Veränderungen der Intelligenz, des Denkens usw. gefunden, nicht aber in Fällen von Erkrankung der Scheitelläppchen allein. In den letzteren Fällen sind lediglich feine psychische Störungen, wie Alexie oder optische Aphasie, zur Beobachtung gekommen, Störungen von gleicher Ordnung mit der Seelenblindheit, Wortblindheit, optischen Aphasie, Alexie, Agraphie, Asymbolie, Seelentaubheit, Worttaubheit, sensorischen Aphasie usw. bei Erkrankung der Hinterhaupts- und Schläfenlappen.

6.

So laufen alle die vorgeführten experimentellen Ermittlungen und mit ihnen die pathologischen Erfahrungen darauf hinaus, dass es an der Grosshirnrinde nicht neben und zwischen den Sinnessphären noch andere Rindengebiete gibt, die eigens den höheren psychischen Funktionen dienen. Ich könnte deshalb diese Mitteilungen abschliessen, läge es nicht sehr im Interesse der Sache, auch noch dem Gegensatze Rechnung zu tragen, in den zu den physiologischen Ermittlungen neuerdings die sonst gut übereinstimmenden anatomischen Ergebnisse getreten sind, da nach Hrn. Flechsig's entwicklungsgeschichtlichen (myelogenetischen) Untersuchungen die Hirnoberfläche aus Sinnessphären oder Sinneszentren und Assoziations- oder Koagitationszentren (Denkorganen) zusammengesetzt sein soll. Hr. Flechsig hat am Schlusse seiner letzten ausführlicheren Mitteilung kurz und bündig mir viele Schuld an dem Gegensatze und eine schwere Verantwortung zugeschrieben³⁾; aber ganz anderes stellt sich heraus, wenn man überall so die Dinge sieht, wie sie wirklich liegen.

1) Vergl. oben 216.

2) Luciani und Seppilli, a. a. O. 400.

3) Neurolog. Zentralbl. 1898, Nr. 21. 996: „Hr. Munk, dessen Anschauungen

Nach den älteren Mitteilungen von Hrn. Flechsig macht nur etwa ein Drittel der menschlichen Grosshirnrinde die vier Sinnessphären oder Sinneszentren aus, — die mit einem Stabkranz versehenen Rindenbezirke, die dadurch mit den subkortikalen Zentren des Gehirns und Rückenmarks, seien es Kerne sensibler und motorischer Nerven oder Reflexzentren höherer Art und dergl. mehr, in Verbindung stehen. Gewissermassen Inseln in der Rinde bildend, sind die Sinneszentren von einander durch Gebiete getrennt, die eines Stabkranzes entbehren, in denen vielmehr die von verschiedenen Sinneszentren ausgehenden Leitungen, dicht neben einander in der Hirnrinde endend, mit einander in Verbindung treten, — durch die drei die übrigen zwei Drittel der Rinde einnehmenden Assoziations- oder Koagitationszentren. Und diese letzteren Zentren sind die Hauptträger des geistigen Lebens (Gedächtnis, Schlussvermögen, Kombinationsfähigkeit usw.), so dass sie als geistige Zentren, als Denkkorgane bezeichnet werden dürfen und müssen.¹⁾

Nach den neueren Flechsigschen Veröffentlichungen²⁾, die besser das Tatsächliche kennen lehren, lassen sich, indem die Markentwicklung in der Grosshirnrinde sich zuerst auf ganz distinkte Stellen beschränkt und felder- bez. bündelweise weiterschreitet, etwa 40 entwicklungsgeschichtliche Rindenfelder unterscheiden und nach der Entwicklungszeit in drei in einander übergehende Gruppen teilen: frühreifende Primordialgebiete (etwa 8), spätreifende Terminalgebiete (etwa 8) und eine Mittelstellung einnehmende Intermediärgebiete (etwa 24). Die Primordialgebiete und die zuerst entwickelten (10—12) Intermediärgebiete sind mit einem wohlausgebildeten Stabkranz ausgestattet und zeigen lange Assoziationssysteme nur in geringer Menge. Andere Gebiete sind stabkranzfrei — niemals gelangt in ihnen der Stabkranz zur Entwicklung — und reich an langen Assoziationssystemen. Man kann demgemäss vom rein anatomischen Standpunkt aus die Rindenfelder einteilen in Projektions- und Assoziationszentren. Auch könnte man solche Scheidung schon daraufhin vornehmen, dass in der einen Reihe der Felder Projektionsfasern, in der anderen Assoziationsfasern sich mit Mark zu umhüllen beginnen. Die Projektionszentren sind die Sinneszentren, zusammengesetzt aus

nach vielen Richtungen hin in der Entwicklungsgeschichte eine kräftige Stütze finden, ist denn auch im wesentlichen nur durch das Bestreben, überall Sinnessphären finden zu wollen, auf Abwege geraten. Man vergleiche nur die unverhältnismässige Grösse seiner Fühlsphären des Auges und des Ohres! Die Theorie der Zusammensetzung der Hirnoberfläche ausschliesslich aus Sinnessphären droht der Wissenschaft mit denselben Gefahren, wie seiner Zeit die Lehre vom punktförmigen Seelensitz und der Unteilbarkeit der Seele.“

1) Gehirn und Seele. Zweite Ausgabe. Leipzig 1896. 22—4, 61—2, 97—8.

2) Neurolog. Zentralbl. 1898, Nr. 21. 977—96; Le Névraie, Vol. II. Fasc. I (26 décembre 1900). 63—8. — Ich gebe, soweit es nur angeht, den Wortlaut wieder.

primordialen Sinneszentren mit zahlreichen¹⁾ und sekundären Sinneszentren mit spärlicheren¹⁾ Projektionsfasern. Die Assoziationszentren (je ein frontales, insuläres, parietales und temporales), in denen das Projektionssystem gering entwickelt ist, die Projektionsfasern gegenüber den Assoziationsfasern um vieles mehr zurücktreten als in den Sinneszentren, gliedern sich in Zentralgebiete und Randzonen. Die Randzonen — die Intermediärgebiete späterer Entwicklung — liegen den Sinneszentren an, mit je einem derselben durch zahlreiche *Fibrae arcuatae* verbunden²⁾, und bilden vielleicht insgesamt Uebergangsformationen zwischen stabkranzreichen und stabkranzfreien Gebieten. Die Zentralgebiete sind sämtlich Terminalgebiete und allem Anschein nach Knotenpunkte langer Assoziationssysteme, während die Randzonen solche spärlicher erkennen lassen. Ihre isolierte Zerstörung ist nie von sensiblen oder motorischen Ausfallserscheinungen gefolgt. Sie „stehen je mit mehreren, zum Teil mit allen Sinnessphären in mehr weniger direkter Verbindung und verknüpfen (assoziiieren) vermutlich deren Tätigkeit. Bei doppelseitiger Zerstörung zeigen sich stets Intelligenzdefekte, besonders Assoziationsstörungen. Die Zentralgebiete sind demgemäss allem Anschein nach von Bedeutung für das Zustandekommen geistiger Tätigkeiten, für den Aufbau geistiger Gebilde, an welchen mehrere Sinnesqualitäten beteiligt sind, z. B. Benennen von Objekten, Lesen und dergl. mehr. Indem diese Leistungen besonders regelmässig bei Erkrankung der hinteren Assoziationszentren leiden, bestätigt auch die klinische Beobachtung die Richtigkeit (der) Einteilung der Grosshirnrinde in Sinnes- (Projektions-) und Assoziationszentren“.

Wir wollen nun von dem vielerlei Widerspruch, den die Flechsig'schen Angaben seitens einer Reihe verdienter Hirnanatomen gefunden haben, hier ganz absehen. Es hat sich dann aus den Flechsig'schen Beobachtungen ergeben, dass das Grosshirn in seinen kleineren Abschnitten (Feldern) derart Verschiedenheiten darbietet, dass 1. in den einen, und zwar den früher reifenden Abschnitten — den Primordialgebieten und den zuerst entwickelten Intermediärgebieten — Projektionsfasern, in den anderen, später reifenden Abschnitten — den Randzonen und den Zentralgebieten — lange Assoziationsfasern sich mit Mark zu umhüllen beginnen, und 2. in der vorgegebenen Reihenfolge der Abschnitte die Zahl der Projektionsfasern abnimmt, die Zahl der Assoziationsfasern zunimmt. Wenn deshalb Hr. Flechsig vom rein anatomischen Stand-

1) Gehirn und Seele 76—7 und Tafel IV.

2) Ein anderes Mal bemerkt Flechsig: „Dass sich die kurzen *Fibrae arcuatae* überall in der Rinde finden, war . . . allgemein bekannt . . .“ (Neurol. Zentralbl. 1898. 990).

punkte aus die Abschnitte in zwei Gruppen einteilt und auf grund des Vorwiegens hier der einen, dort der anderen Faserart die erstgenannten Abschnitte als Projektions-, die letztgenannten Abschnitte als Assoziationszentren bezeichnet, so kann wohl die Zweckmässigkeit, nicht aber die Berechtigung in Frage kommen. Dagegen ist es unberechtigt, dass Hr. Flechsig weiter noch diese seine Projektions- und Assoziationszentren physiologisch in Gegensatz bringt, den Assoziationszentren ganz andersartige Funktionen zuweist als den Projektionszentren. Denn sind zweierlei Leistungen des Grosshirns auseinanderzuhalten, solche, denen die Projektionsfasern, und andere, denen die Assoziationsfasern dienen, so ist lediglich der Schluss zulässig, dass allen Abschnitten des Grosshirns beiderlei Leistungen zukommen, jedoch derart ungleichmässig, dass in der vorgegebenen Reihenfolge der Abschnitte die Leistungen der ersten Art abnehmen, die der zweiten Art zunehmen. Und nur noch klarer tritt Hrn. Flechsigs Verfehlung hervor, wenn wir uns nicht auf eine solche allgemeine Betrachtung beschränken.

Während die Flechsigschen Darlegungen den Glauben zu erwecken geeignet sind, als ob die Verfolgung der Markreifung für sich allein die Funktionen der Grosshirnteile erschliesse, hat Hr. Flechsig in der Wirklichkeit die viele Einsicht in das Grosshirn, die durch Beobachtung und Versuch schon vorher erworben war, für die Deutung seiner myelogenetischen Befunde verwertet. Man kann nur damit übereinstimmen, wie er seine Primordial- und zuerst entwickelten Intermediärgebiete als Sinnessphären, als Sehsphäre, Hörsphäre, Fühlsphäre usw. anspricht. Sind aber diese Gebiete Sinnessphären, so sind es auch vom myelogenetischen Gesichtspunkte aus die Randzonen und Zentralgebiete. Denn da schon in den zuerst entwickelten Intermediärgebieten die Projektionsfasern weniger dicht bei einander liegen und später reifen als in den Primordialgebieten, lässt sich den Randzonen und Zentralgebieten nicht deshalb die Anerkennung als Sinnessphären versagen, weil in ihnen die Dichte der Projektionsfasern noch geringer ist und ihre Reifung noch später erfolgt als in den zuerst entwickelten Intermediärgebieten. Meine Darstellung der Grosshirnrinde als eines Aggregates den verschiedenen Sinnen zugeordneter Rindenabschnitte wird also durch die Erscheinungen der Markreifung nicht widerlegt, sondern, soweit es die Natur der Sache zulässt, gestützt. Unseren Kenntnissen von den Sinnessphären wird nur Neues hinzugefügt. Man hat an eine gleiche Dichte der Projektionsfasern in allen Teilen derselben Sinnessphäre nie gedacht, und ich habe sogar eine ungleichartige Projektion der verschiedenen Abschnitte der Retina auf die Sehsphäre¹⁾, der verschiedenen Abschnitte der Haut des Armes

1) Grosshirnrinde 89.

auf die Armregion der Fühlsphäre¹⁾ aus den Versuchen erschliessen können. Jetzt wissen wir, dass die Dichte der Projektionsfasern in einer bestimmten mittleren Partie der Sinnessphäre am grössten ist und nach dem Rande der Sinnessphäre hin kleiner wird. Dies weist darauf hin, dass jener mittleren Partie ein hervorragender, den peripherischen Partien ein geringerer funktioneller Wert für die Sinnesempfindungen zukommt; und wir können dessen um so mehr uns versichert halten, als auch die Markreifung in der mittleren Partie der Sinnessphäre am frühesten und nach dem Rande hin später erfolgt. Auf diese Weise findet Hrn. Flechsig's anatomische Unterscheidung von primordialen und sekundären Sinneszentren, denen wir noch tertiäre und quartäre hinzuzufügen hätten, ihren physiologischen Ausdruck.

Das Vorhandensein und das Verhalten der Assoziationsfasern neben den Projektionsfasern ändern aber an dem Gesagten nichts. Hr. Flechsig hat allerdings einmal sich dahin ausgesprochen²⁾, dass nicht allein der geringe Gehalt an Projektionsfasern ihn bewogen habe, seine Assoziationszentren abzugrenzen, sondern auch die Beziehungen zu den langen Assoziationssystemen, und dass die Rücksicht auf die allgemeinen Entwicklungsgesetze der Markscheiden in topisch-chronologischer Hinsicht den Ausschlag gegeben habe. Allein die beiden letzteren Momente haben nicht in anatomischer und erst recht nicht in physiologischer Hinsicht die Bedeutung, die Hr. Flechsig ihnen beimisst. Schon über den Verlauf der einzelnen Assoziationssysteme und die Verbindungen, die durch sie hergestellt werden, wissen wir wenig und noch viel weniger sicheres. Vollends ist über die speziellen Leistungen der Assoziationssysteme vorderhand ganz und gar nichts festgestellt; wir halten nur durch den Verlauf, den die Assoziationssysteme im allgemeinen nehmen, unsere Vorstellung über ihr allgemeines Funktionieren für wohlbegründet und lassen sie höheren psychischen Funktionen des Grosshirns dienen als die Projektionssysteme, die sich hauptsächlich als zentripetale Sinnesleitungen und daneben als zentrifugale motorische Leitungen erwiesen haben. Dafür hat Hrn. Flechsig's Ermittlung, dass die Assoziationssysteme wesentlich später zu reifen beginnen als die Projektionssysteme, eine neue Unterlage gebracht. Bei dieser Sachlage kann man nur für eine spätere Zeit, wenn Verlauf und Leistungen der Assoziationssysteme im speziellen besser gekannt sein werden, daran denken, dass Veranlassung vorliegen dürfte, am Grosshirn auf grund der verschiedenen Assoziationssysteme oder der verschiedenen höheren psychischen Leistungen, denen sie dienen, verschiedene Abschnitte, Assoziationssphären oder

1) S. oben 112.

2) Neurolog. Zentralbl. 1898. 989.

wie man sie sonst nennen will, zu unterscheiden. Antizipieren wir nun selbst diese Unterscheidung und nehmen wir an, dass innerhalb der Assoziationssphären den Flechsig'schen Zentralgebieten ebenso eine hervorragende Stellung gegenüber den Randzonen usw. zukomme, wie den Primordialgebieten innerhalb der Sinnessphären, so haben wir doch immer nur zweierlei durchaus selbständige Unterscheidungen am Grosshirn neben einander. Das Grosshirn ist dann, den Bedürfnissen unserer Einsichtnahme gemäss, in Abschnitte zerlegt, das eine Mal nach der Beteiligung an den Sinnesvorgängen in Sinnessphären, das andere Mal nach der Beteiligung an den höheren psychischen Vorgängen in Assoziationssphären: und nichts liegt vor, das besagte, dass Sinnessphären und Assoziationssphären nicht zusammenfallen, sondern gesonderte Bezirke des Grosshirns sind.

Ist schon daraus das Ungerechte des Vorwurfs ersichtlich, den Hr. Flechsig mir gemacht hat¹⁾, so kommt noch hinzu, dass Hr. Flechsig die überkommene Lehre von den Sinnessphären missverstanden oder modifiziert hat. Indem beim Eindringen in die Funktionen der Grosshirnteile naturgemäss die Sinnesvorgänge als die niedersten Funktionen des Grosshirns sich zuerst dem Angriff darboten, kam es zur Unterscheidung der Sinnessphären, und ich bezeichnete als eine Sinnessphäre denjenigen Abschnitt der Grosshirnrinde, in welchem die der Sinnesempfindung dienenden Nervenfasern eines Sinnes enden und die spezifischen Empfindungen, Wahrnehmungen und Vorstellungen dieses Sinnes zustandekommen. Indes war ich weit davon entfernt, damit die Funktionen des Rindenabschnittes als erschöpft anzusehen, den Rindenabschnitt für nichts weiter als den Sinnesvorgängen dienend auszugeben, und ich liess die ganze Grosshirnrinde, das Aggregat aller Sinnessphären, den Sitz der Intelligenz sein, die ich als den Inbegriff und die Resultierende aller aus den Sinneswahrnehmungen stammenden Vorstellungen definierte. Gerade mit deshalb, weil ich auch nicht flüchtig den Glauben aufkommen lassen wollte, als habe man es an den Abschnitten, in die ich die Rinde teilte, bloss mit Sinnesvorgängen zu tun, vermied ich es, von „Sinneszentren“ zu sprechen, und zog den Namen „Sinnessphären“ vor. Hrn. Flechsig's Sinnessphären oder Sinneszentren füllen dagegen die Rindenfelder, die er so bezeichnet, funktionell vollkommen aus, die Felder dienen ausschliesslich Sinnesvorgängen, jedesmal des Sinnes, dem sie zugehören: und da waren natürlich für alle höheren psychischen Funktionen andere Rindenfelder, die Assoziationszentren, erforderlich.

Es bleibt nur noch etwas hinzuzufügen. Der Sturm des Wider-

1) S. oben 224.

spruches, den Hrn. Flechsig's anfängliche Angabe über die Rindenfelder mit und ohne Stabkranz entfachte, hat Hrn. Flechsig zu Gegenäusserungen und neuen Angaben veranlasst, und man sollte meinen, dass nunmehr Sicherheit darüber herrsche, wie es sich nach Hrn. Flechsig an seinen Assoziationszentren mit den Projektionsfasern verhält. Das ist jedoch nicht der Fall. Da Hr. Flechsig bezüglich der Assoziationszentren von „geringer Entwicklung des Projektionssystems“¹⁾, von „geringem Gehalt an Projektionsfasern“²⁾, vom „Vorkommen einzelner Projektionsfasern“³⁾ spricht und für sich geltend macht, er habe in der Litteratur „auch nicht einen Fall aufgefunden, der annähernd sicher den Beweis lieferte, dass die Terminalgebiete und eine Anzahl Intermediärgebiete einen erheblichen Anteil am Stabkranz haben“⁴⁾, ein anderes Mal, dass es bei der individuellen Variabilität des Faserverlaufes keineswegs überraschend sein werde, „wenn in Regionen, welchen (er) eine erhebliche Menge Projektionsfasern abspreche, auch gelegentlich einmal ein kräftiges Stabkranzbündel gefunden wird“⁵⁾: so muss man glauben, dass Hr. Flechsig unter seinen „stabkranzfreien Gebieten“ solche versteht, in denen die Projektionsfasern wohl vereinzelt, aber nicht in Bündeln vorkommen. Und man wird in dem Glauben bestärkt, da Hr. Flechsig in Verteidigung seiner Assoziationszentren sagt: „Für zahlreiche Felder ist aber bisher mittels der sekundären Degenerationen der exakte Nachweis selbst einzelner Projektionsfasern nicht geführt, geschweige denn der Nachweis eines Kranzes geschlossener Faserbündel, welche die Hirnrinde mit peripheren Endorganen verbinden (Begriff der Projektionsfasern)“⁶⁾. Demgemäss und weil die Randzonen vielleicht insgemein Uebergangsformationen zwischen stabkranzreichen und stabkranzfreien Gebieten bilden sollen, habe ich das Rechte in Hrn. Flechsig's Sinne zu treffen gemeint, indem ich den obigen Betrachtungen zugrunde legte, dass die Zahl der Projektionsfasern von den Primordialgebieten zu den Zentralgebieten hin abnimmt. Indes kann ich mich des Zweifels nicht erwehren, ob nicht doch die Zentralgebiete gänzlich der Projektionsfasern entbehren sollen, wenn ich hinwiederum den Ausspruch, dass die Zentralgebiete vielleicht insgemein Uebergangsformationen zwischen

1) Neurol. Zentralbl. 1898. 995.

2) Ebenda 989.

3) Le Névraie a. a. O. 66.

4) Neurol. Zentralbl. 1898. 993.

5) Ebenda 987.—S. auch Le Névraie 67: „Gelegentlich, wenn auch sehr selten, findet man in (den Randzonen) atypische Stabkranzbündel, welche aberrierte Projektionsfasern der Sinneszentren darstellen. Einzelbefunde dieser Art beweisen aber keineswegs das allgemeine und gesetzmässige Vorkommen von Stabkranzbündeln in den Randzonen.“

6) Le Névraie 66.

stabkranzreichen und stabkranzfreien Gebieten bilden, mit Hrn. Flechsig zuletzt angeführtem Satze und seiner weiteren Bemerkung, er habe „in einer Anzahl Randzonen bisher Projektionsfasern auch nicht vereinzelt auffinden können“¹⁾, zusammenhalte und die Entrüstung sehe, mit der Hr. Flechsig die Behauptung zurückweist²⁾, am erwachsenen Gehirn lasse sich nachweisen, dass jeder Rindenabschnitt mit Projektionsfasern ausgestattet sei. Wir wollen es deshalb nicht verabsäumen, auch noch diese Möglichkeit in Betracht zu ziehen, und um so weniger, als unsererseits die Existenz projektionsfaserfreier Rindenpartien an sich gar nicht zu bezweifeln ist. Denn stellt die Grosshirnrinde ein Aggregat von wenigen grossen Abschnitten, den Sinnessphären, dar mit ungleicher Dichte der Projektionsfasern innerhalb jeder Sinnessphäre, so muss man, wenn man die Rinde von anderen Gesichtspunkten aus in eine immer grössere Zahl von kleineren Abschnitten zerlegt, früher oder später auf Abschnitte stossen, die der Projektionsfasern entbehren, und am ehesten am Rande der Sinnessphäre, wenn die Dichte der Projektionsfasern inmitten der Sinnessphäre am grössten ist und nach dem Rande hin abnimmt. Höchstens das würde darnach verwundern dürfen, dass Hr. Flechsig zu solchen Abschnitten schon so früh, schon bei seiner Zerlegung der Rinde in nur etwa 40 Felder gelangt ist.

Aber auch wenn die Zentralgebiete der Projektionsfasern entbehren, berechtigen Hrn. Flechsig seine Befunde nicht, diese Gebiete, geschweige denn mit ihnen die benachbarten Randzonen als höhere, geistige Zentren den Sinnessphären oder Sinneszentren gegenüberzustellen. Es ist schwer, die Zentralgebiete nach den Flechsigschen Schilderungen und Abbildungen in Kürze näher zu bezeichnen; im hauptsächlichen werden sie als vordere untere Partie des Stirnlappens, mittlere Partie des Gyrus angularis, hintere Partie des Schläfenlappens richtig angegeben sein³⁾. Diese Partien sind in meinen Sinnessphären an deren Rande gelegen³⁾, so dass es sehr gut dem, was zu erwarten stand, entspricht, dass sie bei der weiter gehenden Zerlegung der Rinde zu allererst als projektionsfaserfreie Abschnitte sich darboten. Andererseits bietet unsere zeitige Kenntnis der Projektionsfaser-systeme keinen Anhalt für die Behauptung, dass die Zentralgebiete ausserhalb der Sinneszentren gelegen sind, dass die das einzelne Zentralgebiet zunächst umgebenden Projektionsfasern nicht einem und demselben Sinne dienen. Und nehmen wir selbst die

1) Ebenda 67.

2) Gehirn und Seele 77.

3) Für das „insuläre Assoziationszentrum“ lassen mich weder die äusserst spärlichen Bemerkungen Flechsigs noch seine Abbildungen erkennen, wo das „Zentralgebiet“ sich befindet; immer aber würde letzteres, weil in der Insel, am Rande der Fühlspähre gelegen sein.

letztere Behauptung als zutreffend an, so verbietet doch, die Zentralgebiete als die geistigen Zentren abzusondern, wie ich oben S. 227—229 ausführte, dass hinsichtlich der Assoziationsfasern lediglich ein quantitativer Unterschied zwischen Zentralgebieten und Sinneszentren nachgewiesen ist. Ja, handgreiflich verurteilt schon jene Absonderung, was Hr. Flechsig ferner noch vom Bau der Rinde sagt¹⁾: dass jede Sinnessphäre Elemente enthält, die für sie spezifisch sind (Spindelzellen oder Körner oder Riesenzellen usw.), und die Elemente des Assoziationsystems, d. h. die Elemente, welche für sich allein in den Assoziationszentren enthalten sind, sich über die gesamte Rinde verbreiten.

Die Flechsigsche Lehre von den Sinneszentren und den Assoziations- oder Koagitationszentren ist nach alledem als unbegründet zurückzuweisen, auch wenn die anatomischen Befunde, auf die sie sich stützt, richtig sind, weil die Befunde gar nicht die Lehre abzuleiten gestatten. Hingegen stehen die Befunde im Einklang mit dem, was der Versuch und die pathologische Beobachtung ergeben; und durch diese, die bezüglich der Funktionen der Grosshirnrinde entscheidend sind, wird die Flechsigsche Lehre geradezu widerlegt. Denn mag auch die hintere Partie des Schläfenlappens noch im Dunkeln liegen, so sind doch der Stirnlappen und der Gyrus angularis, die ungefähr je einem Flechsigschen Assoziationszentrum entsprechen oder je ein Zentralgebiet mit Randzonen enthalten, genügend aufgeklärt: und von ihnen haben die vorausgegangenen Untersuchungen mittels des Versuches am Tiere wie der pathologischen Beobachtung am Menschen von neuem erhärtet, dass sie den Sinnessphären zugehören und nicht im Gegensatze zu den Sinnessphären eigens mit den höheren psychischen Funktionen betraut sind.

Wir finden denn auch schliesslich, wenn wir näher zusehen, Hr. Flechsig mehr im Widerspruche mit sich selbst, als mit uns. Gegenüber den Sinneszentren als Wahrnehmungszentren (inneren Sinnen), deren Zerstörung Rindenblindheit, Rindentaubheit usw. zur Folge hat, sollten die Assoziationszentren — Zentralgebiete und Randzonen — die Tätigkeit mehrerer innerer (und somit auch äusserer) Sinnesorgane zu höheren Einheiten zusammenfassen und die Hauptträger des geistigen Lebens (Gedächtnis, Schlussvermögen, Kombinationsfähigkeit usw.) sein, die Hauptträger von dem, was wir Erfahrung, Wissen und Erkenntnis, was wir Grundsätze und höhere Gefühle nennen. Die klinische Erfahrung sollte dafür Bestätigung oder Beweise liefern. Bei doppelseitiger Erkrankung des vorderen Assoziationszentrums sollte die Vorstellung der eigenen Person als eines handlungsfähigen Wesens und die persönliche Anteilnahme an äusseren oder inneren Geschehnissen verändert werden

1) Gehirn und Seele 85—6.

oder verloren gehen. Bei Zerstörungen im Bereiche des hinteren grossen Assoziationszentrums sollte die Fähigkeit schwinden, äussere Objekte richtig zu benennen oder zu deuten und so richtige Gesamtvorstellungen von der umgebenden Aussenwelt zu bilden; es sollten Seelenblindheit, Seelentaubheit, Seelengefühllosigkeit, Apraxie oder Agnosie, sensorische Alexie, optische Aphasie, sensorisch-amnestische Aphasie und dergl. mehr sich finden, die Bildung und das Sammeln von Vorstellungen äusserer Objekte und von Wortklangbildern, die Verknüpfung derselben unter einander und dergl. mehr leiden. So lautete es in den älteren Flechsig'schen Mitteilungen¹⁾: und nun vergleiche man die neueste Mitteilung²⁾. Da hören wir in funktioneller Hinsicht nichts mehr über die Assoziationszentren, sondern bloss über die Zentralgebiete; und auch von diesen wird nicht mehr ausgesagt, als dass sie die Tätigkeit der Sinneszentren vermutlich verknüpfen (assoziiieren), dass sich bei ihrer doppelseitigen Zerstörung stets Intelligenzdefekte, besonders Assoziationsstörungen zeigen, und dass sie demgemäss allem Anschein nach von Bedeutung für das Zustandekommen geistiger Tätigkeiten sind, für den Aufbau geistiger Gebilde, an welchen mehrere Sinnesqualitäten beteiligt sind, z. B. Benennen von Objekten, Lesen und dergl. mehr. Da hinzugefügt wird, dass die letzteren Leistungen besonders regelmässig bei Erkrankung der hinteren Assoziationszentren leiden, kommen die pathologischen Erfahrungen, die Hr. Flechsig zu gunsten der geistigen Zentren geltend macht, neuerdings auf das hinaus, was wir oben S. 224 erwähnten, dass bei Erkrankung der Scheitelrinde oder des Gyrus angularis Störungen, wie Alexie oder optische Aphasie, auftreten; und damit soll nun nicht weniger als „die Richtigkeit der Einteilung der Grosshirnrinde in Sinnes- (Projektions-) und Assoziationzentren durch die klinische Beobachtung bestätigt“ sein. Wir bemerkten schon, dass es sich da lediglich um feine psychische Störungen handelt, in eine Reihe gehörig mit der Seelenblindheit, Wortblindheit, optischen Aphasie, sensorischen Aphasie usw., die bei Erkrankung der auch von Hrn. Flechsig als Sinnessphären anerkannten Hinterhaupts- und Schläfenrinde zur Beobachtung kommen“.³⁾

1) Gehirn und Seele 20—7. — Die Lokalisation der geistigen Vorgänge, insbesondere der Sinnesempfindungen des Menschen. Leipzig 1896. 60—4.

2) Le Névraxe 67—8. (Siehe auch oben 226 die angeführten letzten Sätze.)

3) Während der Drucklegung der vorliegenden Abhandlung ist noch eine Mitteilung von Flechsig erschienen nach einem im September 1901 auf dem internationalen Physiologen-Kongress zu Turin gehaltenen Vortrage (Arch. ital. de Biologie 36. 30—9). Ich finde danach nichts meinen obigen Ausführungen hinzuzufügen. Doch wird es in Rücksicht auf diese Ausführungen Interesse bieten, dass ich das Hierhergehörige aus der Mitteilung anführe. Flechsig unterscheidet jetzt nur 36 (durchschnittlich etwa 20 qcm grosse) myelogenetische Rindenfelder, —

Ich glaube, nunmehr ist alles soweit geklärt, als es meine diesmalige Aufgabe erheischt, und wir werden sagen können: Weder ist der Stirnlappen der Sitz der Intelligenz, noch sind überhaupt besondere Bezirke der Grosshirnrinde eigens mit den höheren psychischen Funktionen betraut, ebensowenig wie es Bezirke gibt, die bloss den Sinnesvorgängen dienen. Indem die Sinnesnervenfasern, die als Projektionsfasern zur Rinde in deren ganzer Ausdehnung gehen, dert für jeden Sinn neben einander ihr Ende finden, ohne dass Fasern eines anderen Sinnes sich untermischen, stellt sich die Rinde als ein Aggregat den verschiedenen Sinnen zugeordneter Abschnitte, der Sinnessphären, dar; und es kommen

10 Primordial-, 20—21 Intermediär- und 5—6 Terminalgebiete (S. 31—33). „Die Primordialgebiete umfassen die Eintrittsstellen sämtlicher Sinnesleitungen in die Rinde Die einzelnen Sinnesflächen sind durch weite Rindenstrecken (Intermediär- und Terminalgebiete) getrennt, in welche Sinnesleitungen nicht verfolgt werden können“ (S. 33). „In den Terminal- und den meisten Intermediärgebieten lässt sich ein Stabkranz nicht darstellen. Die Projektionsfasern treten hier also unzweifelhaft an Menge zurück im Vergleich zu den Primordialgebieten. Dies gilt nicht bloss für Neugeborene, sondern auch für 4, 5, 7 und 8 monatliche Kinder . . . Ich finde auf keiner Altersstufe deutlich differenzierte Stabkranzbündel; einzelne Projektionsfasern lassen sich ja in den Intermediärgebieten und gelegentlich auch in den Terminalgebieten nachweisen; sie verschwinden aber gegenüber andersartigen Leitungen fast vollständig . . . Ich finde beim Erwachsenen nirgends Stabkranzbündel, welche nicht auch schon bei $3\frac{1}{2}$ monatlichen Kindern (welche reif geboren waren) hervorträten. Hier ist die Ausdehnung des Stabkranzes noch gut zu übersehen und es zeigt sich deutlich, dass den Windungen mit einem dichten Wald von Projektionsbündeln andere gegenüberstehen, wo es kaum gelingt, auch nur ein solches Bündel nachzuweisen“ (S. 34—35). „Felder, welche (nicht unmittelbar einander benachbart sind), werden durch lange Bahnen verknüpft, und speziell die Anatomie dieser ist noch im höchsten Grad unvollkommen. Es treten keineswegs alle Felder mit langen Bahnen in ausgiebige Verbindung. Wie in Bezug auf den Stabkranz unterscheiden sich die Felder auch in Bezug auf die langen Assoziationssysteme in höchst auffälliger Weise. Die Terminalgebiete sind am reichsten daran, sie sind die Knotenpunkte der langen Assoziationssysteme. Dagegen lässt sich kein langes Assoziationssystem nachweisen, welches zwei als Sinneszentren aufzufassende Primordialgebiete verbände“ (S. 38). „Von Herdsymptomen, welche bei Verletzung von Intermediär- und Terminalgebieten auftreten, sind nur gewisse Formen von Sprachstörung (Alexie, optische Aphasie, sensorisch-amnestische Aphasie, usw.) und partieller (z. B. optischer) Amnesie bekannt. Die Zeit, diese Symptome genauer zu lokalisieren, ist noch nicht gekommen“ (S. 37). „Sollen ein Gesichts- und ein Gehörseindruck sich irgend wo in der Grosshirnrinde begegnen, so kann dies nur durch Vermittelung von Intermediär- und Terminalgebieten geschehen. Ist die Interferenz der Reize Vorbedingung für die Assoziation ihrer Gedächtnisspuren, so kann auch hierzu die Rinde der Intermediär- und Terminalgebiete nicht entbehrt werden. Insofern sind dieselben Assoziationszentren; und hierfür spricht in der Tat die klinische Beobachtung, wonach bei Verletzung der zwischen Seh-, Hör- und Tastsphäre gelegenen Gebiete, eben Assoziationsstörungen, deren bekannteste die sensorische Alexie ist, auftreten“ (S. 38).

in den zentralen Elementen jeder Sinnessphäre, die unmittelbar oder fast unmittelbar mit den Projektionsfasern zusammenhängen, die spezifischen Empfindungen, Wahrnehmungen und Vorstellungen eines Sinnes zustande. Für die darüber hinausgehenden Funktionen der Rinde, gebunden an Assoziationsfasern und andere zentrale Elemente, die wiederum über die Rinde in deren ganzer Ausdehnung verbreitet sind, eine jede Funktion natürlich an bestimmte morphologische Gebilde gebunden, hat bezüglich des Ortes des Zustandekommens die Abgrenzung der Sinnessphären keine durchgreifende Bedeutung mehr; doch sind des weiteren wir noch im Dunkeln, da bisher der Versuch am Tiere versagt und die pathologische Beobachtung in den Aphasien, Alexien, Agraphien usw. nur sehr spärliche und nicht genügend durchsichtige Aufschlüsse geliefert hat.

XII.

Zur Physiologie der Grosshirnrinde.

Ueber Hitzigs neuerliche Veröffentlichungen.

(Verhandl. der Berl. Physiol. Ges. 1901/02. No. 10; Arch. f. [Anat. u.] Physiol. 1902. 545—52.)

Es sind gerade 25 Jahre, dass ich das erste Mal vor unserer Gesellschaft über die Grosshirnrinde zu sprechen hatte. Goltz hatte damals mit den Erfolgen grosser Verstümmelungen des Grosshirns die Fritsch-Hitzigsche Lehre bekämpft, und ich legte dar, wie seine Versuche nach Anlage und Ausführung nicht das beweisen konnten, was sie sollten, ich trat zudem mit eigenen Erfahrungen für die Lokalisation der Funktionen in der Grosshirnrinde ein. Ein sonderbarer Zufall will es, dass ich zum Jubiläum wiederum mit solcher Aufgabe mich zu befassen habe und diesmal wider Hrn. Hitzig.

Hr. Hitzig, der durch 25 Jahre nur hin und wieder und mehr gelegentlich zur Grosshirnphysiologie das Wort genommen und seine ursprünglichen Verdienste um das Gebiet damit nicht vergrössert hatte, hat in den letzten 1½ Jahren eine grosse Reihe von Veröffentlichungen¹⁾ rasch auf einander folgen lassen, in welchen er auf hunderten von Seiten höchst spärlich beibringt, was als neuer Erwerb zu gelten hätte, wenn es richtig wäre, dafür aber des breitesten sich in historisch-kritischen Betrachtungen über die vorliegenden experimentellen Untersuchungen ergeht und seine jetzigen Anschauungen kundtut. Offen und versteckt ist dabei durchweg die Tendenz verfolgt, was wir heute wissen, im wesentlichen alles als Hrn. Hitzigs Verdienst, als eigentlich schon in seinen Ermittlungen und Ausführungen vor drei Jahrzehnten enthalten hinzustellen und für die Anderen, die um das Grosshirn sich bemühten, nur sehr wenig, insbesondere für mich nichts übrig zu lassen. Wie es da nicht anders sein kann, sind seine Darlegungen voll von Unrichtigkeiten, Missverständnissen und Irrtümern. Aber die Verfehlungen alle aufzudecken, würde nur ein für die Sache ganz unfruchtbares Unternehmen

sein, und es lohnt um so weniger, das Buch, das dazu nötig wäre, zu schreiben, als die Wahrheit, wie sehr Hr. Hitzig der Anderen Erwerb benutzt hat, klar und bündig der Schluss seines grossen Resumés in einer seiner letzten Mitteilungen verrät, wo es heisst²⁾: „Meine Auffassung (der zerebralen Vorgänge) unterscheidet sich sonach von der ihr am nächsten stehenden Munks im wesentlichen dadurch, dass ich keine ‚Fühl-, Seh-, Hör- oder ähnliche Sphären‘, sondern nur Vorstellung- oder Bewusstseinssphären kenne, und dass ich in diesen nicht, wie Munk, die Gefühle, sondern nur die Gefühlsvorstellungen ebenso wie alle anderen Vorstellungen lokalisiere“. Es wird darnach, glaube ich, genügen, wenn diejenigen, die sich über die Ermittlungen am Grosshirn geschichtlich und tatsächlich unterrichten wollen, davor gewarnt werden, den Hitzigschen Darstellungen Vertrauen zu schenken. Lediglich den vermeintlichen neuen Erwerb von Hrn. Hitzig will ich hier ins Auge fassen.

Sie wissen, ich habe die verschiedenen Abschnitte der Grosshirnrinde als den verschiedenen Sinnen dienend nachgewiesen, als die Sinnessphären, und unter ihnen die Rinde des Hinterhauptslappens als die Sehosphäre. Nun meint Hr. Hitzig³⁾: es wäre bis auf den heutigen Tag nicht entschieden, ob eine Sehosphäre überhaupt existiert oder nicht; ich hätte argumentiert, Sehstörungen treten nur nach Verletzung meiner Sehosphäre auf, folglich ist dies eine Sehosphäre; ich wäre von der Annahme ausgegangen, dass alle durch kortikale Verletzungen hervorgerufenen Sehstörungen direkt von der Ausschaltung des vernichteten Rindenstückes abhängig seien; gelänge es, Sehstörungen auch durch Eingriffe in andere kortikale Gebiete zu erzielen, so wäre an die Existenz eines Sehentrums in meinem Sinne nicht mehr zu denken. Und das darnach Erforderliche gelingt Hrn. Hitzig, so dass meine Theorie, wie er sich ausdrückt, widerlegt ist.

Das Törichte in Argumentation und Annahme, das Hr. Hitzig mir da andichtet, zeigt nur, dass er über das A B C, von dem ich bei meinen Untersuchungen auf dem Gebiete ausgegangen bin, noch nicht zur Klarheit gekommen ist. Dass nach den verschiedensten Verletzungen vorderer sowohl wie hinterer Partien der Grosshirnrinde Sehstörungen auftreten, war durch die Goltzschen Versuche ausser Zweifel und liess sich auch bei weniger ausgedehnter Verstümmelung bestätigen. Doch kommt es für die Erkenntnis der Funktion eines Rindenteiles nicht darauf an, was nach seiner Verletzung an Störungen auftritt, sondern allein darauf, welche Störungen als die notwendige Folge der Schädigung gerade dieses Rindenteiles sich ergeben. Denn an einem Organ, das ein so eng zusammenhängendes Ganzes bildet, wie die Grosshirnhemisphäre, kann die Verletzung eines Teiles schon durch die operativen

Massnahmen, dann durch die Blutungen, die mit ihnen verbunden sind und ihnen folgen, durch die Veränderungen der Zirkulation und der Lagerung, durch die mit der Heilung verbundenen Vorgänge, insbesondere die Entzündung, Schädigungen der Hemisphäre herbeiführen, die mehr oder weniger weit über den verletzten Teil hinaus sich erstrecken, und kann damit Funktionsstörungen nach sich ziehen, die mit dem verletzten Teile gar nichts zu schaffen haben. Dieser sogenannten Nebenwirkungen halber, die so oft erörtert worden sind, bedarf es bei den Versuchen nicht bloss der äussersten Fürsorge für die Beschränkung des Angriffs, sondern auch der aufmerksamsten Verfolgung der Funktionsstörungen nach Zeit, Art und Grösse in Verbindung mit regelmässigen und zu passenden Zeiten ausgeführten Sektionen, um die in Rücksicht auf den Zweck offenbar verunglückten Versuche ausschalten und aus den brauchbaren übrigen Versuchen, unter prüfender Vergleichung der mehr und der weniger reinen, die richtigen Schlüsse ziehen zu können. Man hatte da früher, zur Zeit meiner einschlägigen Untersuchungen, als man ohne alle Massnahmen gegen die Sepsis oder mit allzustrenger Antisepsis operierte, eine Aufgabe vor sich, von deren Schwierigkeit, zumal wenn es sich um Verletzungen von etwas grösserer Ausdehnung handelte, man sich jetzt im Besitze des aseptischen Verfahrens nicht gut mehr eine richtige Vorstellung machen kann. Ging man aber auf die angegebene Weise vor, so dass man nicht von einem blinden Tappen, sondern von einer wirklichen Untersuchung sprechen durfte, so stellte sich, soviel uns heute interessiert, heraus: dass 1. nach Verletzungen der Rinde im Bereiche des Hinterhauptslappens immer Sehstörungen auftraten, und zwar Sehstörungen für sich allein, wenn kein Umstand des Versuches eine weiter reichende Schädigung der Rinde anzeigte oder anzunehmen gestattete, Sehstörungen dagegen früher oder später und für kürzere oder längere Zeit im Verein mit anderen Sinnesstörungen, wenn durch die Operation oder den Heilungsvorgang oder die Wiedererkrankung eine weiter reichende Schädigung der Rinde herbeigeführt war; und dass 2. nach Verletzungen der Rinde ausserhalb des Bereiches des Hinterhauptslappens Sehstörungen nur dann früher oder später und für kürzere oder längere Zeit zu beobachten waren, wenn eine weiter reichende Schädigung der Rinde durch die Operation oder den Heilungsvorgang oder die Wiedererkrankung und oft geradezu die Schädigung der Hinterhauptslappenrinde nachweisbar war. So ergaben sich die Sehstörungen als die Folge der Schädigung der Hinterhauptslappenrinde und allein dieser Rinde, und daraufhin stellte ich die Rinde des Hinterhauptslappens als die Sehsphäre den anderen Sinnessphären in der übrigen Rinde gegenüber.

Hr. Hitzig hält mir nun entgegen⁴⁾, dass nach seinen Versuchen am Gyrus sigmoideus des Hundes mit aller Bestimmtheit sich sagen

lasse, dass die bei Eingriffen in das Vorderhirn auftretenden Sehstörungen keineswegs, wie ich wolle, durch unbeabsichtigte Beleidigung der Sehsphäre veranlasst werden. Er erwähnt⁴⁾, dass er eine grosse Zahl „unanfechtbarer Beobachtungen“ habe, bei denen Sehstörungen eintraten, nachdem der Gyrus sigmoideus teils in seiner Rinde, teils tiefer durch Skarifikation, Anätzung, Auslöflung oder subkortikale Einschnitte beschädigt wurde. Gewicht legt er⁴⁾ auf acht Versuche, bei welchen er einfach die Dura über dem Gyrus sigmoideus abgetragen und die freigelegte Pia überhaupt nicht verletzt hat. Da war in sieben Fällen eine mehr oder minder starke und anhaltende Sehstörung zu beobachten: und da könne seiner Auffassung nach der Einwand einer unbeabsichtigten Beleidigung der Sehsphäre nicht erhoben werden⁴⁾, da sei dem Einwurfe, dass irgendwelche Symptome durch Nebenverletzungen hervorgerufen seien, am sichersten dadurch begegnet, dass man überhaupt keine Verletzung der Pia anrichtete⁵⁾.

Darauf ist einfach zu erwidern, dass solche Versuche, wie sie Hr. Hitzig als schlagende Beweise hinstellt, schon von vorneherein, auch wenn die Operation glücklich verlaufen war, als unrein und für den Zweck unbrauchbar zu erachten waren. Denn wenn nach der blossen Aufdeckung einer Rindenpartie Gefühls- und Bewegungs- und Sehstörungen — nebenbei bemerkt, alle Arten von Rindenfunktionsstörungen, die Hr. Hitzig überhaupt in Betracht gezogen hat — sich einstellten, so konnte es nicht anders sein, als dass eine Encephalitis oder Encephalomeningitis an der Wunde aufgetreten war; und wie weit die Entzündung über die Rinde mit Beeinträchtigung von deren Funktionen sich ausgedehnt hatte, war durch die Sektion schliesslich nicht festzustellen, weil solche Entzündung, wie sie sich ausbreitet, später auch sich wieder mehr oder weniger zurückbildet, ohne dass sie sichtbare Spuren zu hinterlassen braucht. Dazu kommt dann noch, was Hr. Hitzig ferner über seine Versuche mit Freilegung von Rindenpartien ohne Verletzung der Pia berichtet⁶⁾. Er hat in einzelnen seltenen Fällen nichts, in allen anderen Fällen aber genau die gleichen mehr oder minder ausgeprägten Symptome beobachtet, als wenn man die entsprechende Rindenpartie abgetragen hätte, und in den letzteren Fällen folgendes gefunden. Die freigelegte Hirnpartie war regelmässig, und zwar schon vom zweiten Tage an, pilzartig in die Schädellücke vorgedrängt. Die Pia war gewöhnlich mehr oder minder stark hyperämisch, in einem Falle anämisch. Der Rand der Knochenlücke markierte sich auf dem Gehirn durch eine deutliche Schnürfurche. Auf dem Durchschnitt zeigte das Gehirn in den früheren Stadien kleinere und grössere, bis zu stark hirsekorngrossen, häufig bis in die Tiefe der Windung reichende Blutungen, welche später entweder nur kleine apoplektische Cysten oder auch diffuse gelbliche Verfärbung

vornehmlich der Rinde zurückliessen. Traf letzteres nicht zu, so bemerkte man in allen Fällen eine deutliche weissliche Verfärbung der freigelegten Rinde, so dass diese sich im Farbenton kaum von der weissen Substanz abhob, und, was von besonderem Interesse war, eine manchmal ziemlich weit über die Grenzen der Knochenlücke hinaus reichende Ausdehnung dieser Verfärbung der grauen Rinde.⁶⁾ Bei diesen Befunden hat Hr. Hitzig⁷⁾ von reinen Angriffen auf die Rinde zwar nicht sprechen zu können gemeint, indem die weisse Substanz in Mitleidenschaft gezogen war, doch „lokalisierte Herde“ will er hervorgebracht haben. Aber da ist doch gar nicht darüber zu debattieren, dass, wo die Hirnsubstanz prolabierte war, wo eine Schnürfurche sich zeigte, wo tief reichende Blutungen und ausgedehnte Verfärbungen der Rinde sich fanden, Versuche vorlagen, bei denen gar nicht abzusehen war, wie weit die Schädigung der Rinde und ihrer Funktionen sich erstreckt hatte; so dass die beobachteten Störungen lediglich der Schädigung des Gyrus sigmoideus oder der freigelegten Rindenpartie zuzuschreiben, durchaus unzulässig war.

Man ist sogar zu sagen berechtigt, dass Hr. Hitzig seine Schlüsse aus den Versuchen wider besseres Wissen gezogen hat. Ich will ganz davon absehen, dass er früher einmal den Prolapsus cerebri eine entzündliche Schwellung der Umgebung der Hirnwunde und eine Dislokation der benachbarten Gyri hat anzeigen lassen⁸⁾. Hr. Hitzig hatte 1874 angegeben⁹⁾, dass grössere Verletzungen des Hinterhirns seinen sogenannten „Defekt der Willensenergie“, d. h. den Mangel des Widerstandes gegen passive Bewegungen der Extremitäten, auftreten lassen, und ich hatte dem entgegen in meiner ersten Mitteilung 1877 angemerkt¹⁰⁾, dass Exstirpationen in jener Gegend nicht den „Defekt“ nach sich ziehen. Neuerdings stimmt mir Hr. Hitzig¹¹⁾ bei, freilich nicht ohne seitenlang gegen mich zu polemisieren, dass er nicht durch eine direkte, bei der Operation erfolgte Verletzung der Fühlspäre getäuscht worden sei, — wovon ich nie ein Wort gesagt habe; ich hatte gesehen, dass der „Defekt“ nur unter denselben Umständen nach Verletzung des Hinterhirns sich fand, wie Sehstörungen nach Verletzung des Vorderhirns, dann nämlich, wenn eine Entzündung dort von hinten nach vorn, wie hier von vorn nach hinten, sich ausgebreitet hatte. Und weshalb hat jetzt Hr. Hitzig seine frühere Angabe zurückgenommen? Er hat jetzt Versuche erhalten, bei welchen nach Verletzung des Hinterhirns der „Defekt“ nicht vorhanden war oder erst später sich einstellte, nachdem er zuerst nicht vorhanden gewesen war. „Aus diesen Versuchen“ sagt er¹²⁾, „geht hervor, dass sehr erhebliche Ausschaltungen der Substanz des Hinterhirns vorgenommen werden können, ohne dass das von mir als ‚Defekt der Willensenergie‘ bezeichnete Symptom eintritt, aber wenn dies ge-

schiebt, so darf es doch nicht auf die ausgeschaltete Hirnpartie bezogen werden, weil es nicht zu den notwendigen unmittelbaren Folgen der Operation gehört.“ Wenn aber letzteres Hr. Hitzig einsah und die Einsicht so hoch schätzte, dass er sie durch Sperrdruck hervorhob, so musste ihn die Einsicht auch davon abhalten, die Sehstörungen bei den in Rede stehenden acht Versuchen auf den Gyrus sigmoideus zu beziehen, da doch in einem Falle, wie er selber sagt¹³⁾, „gar keine Sehstörung bestand“.

Die Durchsicht der von Hrn. Hitzig¹⁴⁾ jüngst mitgeteilten Protokolle lehrt zudem einen zweiten Versuch (Nr. 12) kennen, bei welchem Sehstörungen fehlten, da, was Hr. Hitzig allein anzuführen vermochte, dass der Hund „am dritten bis fünften Tage Fleisch rechts weniger schnell als links beachtete“, nicht im mindesten eine Sehstörung dartut. Ja, es kommt noch ein dritter Versuch (Nr. 16) hinzu, wo die Angabe lautet: „Sehstörung: unbedeutend, beachtet am zweiten Tage kleine Stückchen Fleisch (rechts) weniger regelmässig als links; am fünften Tage lateraler Streifen amblyopisch“, denn auf eine solche einmalige Beobachtung und nackte Angabe ist bei einer so merkwürdigen, auf einen „lateralen Streifen“ beschränkten Amblyopie gar nichts zu geben. Wollte man aber doch der Hitzigschen Angabe Vertrauen schenken, so reiht sich der letztere Versuch nur mit zwei anderen Versuchen (Nr. 14 und 15) zusammen, bei denen Sehstörungen zuerst fehlten und dann auftraten. In dem einen dieser Fälle ergab sogar die Sektion: „Dura mit Pia über dem ganzen Hinterhirn durch zarte Adhäsionen verwachsen“, und doch hat Hr. Hitzig¹⁵⁾ den Fall zu den sieben „mit aller Bestimmtheit“ beweisenden Versuchen gerechnet. Neuerdings¹⁶⁾ gibt er ihn, weil er nicht rein sei und ich sicher Einwendungen erheben würde, preis, obwohl — man muss es lesen, um es zu glauben — „obwohl er sich, was die Krankheitssymptome angeht, nur durch eine längere Dauer der Störung der optischen Reflexe von den anderen Fällen unterscheidet und obwohl die örtlichen Erscheinungen an der Operationsstelle — Erweichungsherde, Abblassung der Rinde — die beobachteten Symptome befriedigend erklären“.

Wer jetzt aseptisch operiert und zu operieren versteht, muss staunen, dass man über derlei Dinge heutzutage noch zu verhandeln hat. Ich habe, seitdem Hr. Hitzig von seinen Versuchen Kunde gab, dutzendemal die Rinde im Bereiche des Gyrus sigmoideus oder im Bereiche des Hinterhauptslappens des Hundes exstirpiert und nicht ein einziges Mal dort Sehstörungen, hier andere Sinnesstörungen als Sehstörungen folgen sehen. Auch habe ich wiederholt den Gyrus sigmoideus oder den Hinterhauptslappen ohne Verletzung der Pia freigelegt, und niemals trat eine Sinnes- oder Bewegungsstörung ein. Das war natürlich Glück,

insofern bei Vivisektionen immer Unfälle vorkommen können, jedoch nicht bloss Glück, da ich die Exstirpationen auf die Konvexität der Hemisphäre beschränkte und die grossen Gefässe vermied. Erst wenn man ausgedehnte Exstirpationen mit vorgeschriebener Begrenzung auszuführen hat, wie die Totalexstirpation der Extremitätenregionen oder des Gyrus sigmoideus oder die Totalexstirpation der Sehphäre oder diesen nahekommende Exstirpationen, ist es nicht auszuschliessen, dass Versuche grob verunglücken, und kommt es andererseits auch hin und wieder vor, dass trotz anscheinend wohlgelungener Operation nach dem Angriff des Gyrus sigmoideus neben andauernden Gefühls- und Bewegungsstörungen in den ersten Tagen Sehstörungen, nach dem Angriff der Sehphäre neben andauernden Sehstörungen in den ersten Tagen Gefühls- und Bewegungsstörungen zu beobachten sind. Aber dass so grosse Verletzungen unter Umständen die ganze Hemisphäre erschüttern und vorübergehend für ein paar Tage in allen ihren Funktionen beeinträchtigen können, ist auch so selbstverständlich, dass deshalb schon die alten Experimentatoren von Bouillaud an immer und immer wieder es für unstatthaft erklärt haben, aus den Erscheinungen, die sich in der ersten Zeit nach dem Eingriff darbieten, die Folgen des Verlustes der Rindenpartie entnehmen zu wollen. Aus neuester Zeit kann ich sogar auf Goltz verweisen, den im vorliegenden Falle sicherlich Alle als unverfänglichen Gewährsmann werden gelten lassen. In seiner letzten Mitteilung hat Goltz¹⁷⁾ einen Affen geschildert, dem der grösste Teil des linken Stirnlappens und zwei Monate später auch des linken Scheitellappens zerstört worden war. Die Beobachtungen stimmten bezüglich der Gefühls- und Bewegungsstörungen, wie Goltz gern anerkennen wollte, in vielen Punkten mit meinen älteren Beobachtungen überein, und ich finde sogar in den Angaben nur eine einzige bemerkenswerte Abweichung, über die ein anderes Mal wird zu reden sein. An diesem Affen hatte Goltz für eine kurze Zeit nach der Operation neben einer ausgesprochenen Lähmung der ganzen rechten Körperhälfte die Störung bemerkt, dass das Tier die Gegenstände, die sich in der rechten Hälfte des Gesichtsfeldes befanden, nicht wahrzunehmen schien; aber er hat dies nur beiläufig angeführt und nicht daran gedacht, die Sehstörung als Folge des Verlustes des Vorderhirns hinzustellen.

Hr. Hitzig hat ferner noch Doppeloperationen am Gyrus sigmoideus und am Hinterhauptslappen des Hundes ausgeführt, und sie haben ihm „mit Sicherheit“, „mit absoluter Sicherheit“, „mit Notwendigkeit“ ergeben¹⁸⁾, dass der Hund weder im Gyrus sigmoideus noch in der von mir mit A_1 bezeichneten Stelle des Hinterhauptslappens ein kortikales Sehzentrum besitzt. Wie steht es mit diesen Versuchen? Wartete Hr. Hitzig¹⁹⁾ nach der Verletzung der Stelle A_1 , bis die Sehstörung sich

ausgeglichen hatte, und griff er dann oberflächlich den Gyrus sigmoideus an, so trat keine Sehstörung ein. Dazu ist meinerseits natürlich nichts zu bemerken. Aber ein im höchsten Grade überraschendes Resultat, wie er selber es nennt, erhielt Hr. Hitzig²⁰⁾, wenn er in umgekehrter Reihenfolge operierte, zunächst den Gyrus sigmoideus und dann die Stelle A_1 der Sehsphäre angriff. „Ich habe diese Stelle“, sagt er, „geätzt, skarifiziert, ausgelöffelt und unterschritten, ohne dass in der Regel auch nur die Spur einer Sehstörung eintrat. In Ausnahmefällen zeigte sich auf einen oder einige Tage eine so unerhebliche temporale Amblyopie, dass man über deren Existenz oder Nichtexistenz in Zweifel sein konnte.“ Das war allerdings ein höchst überraschendes Ergebnis, aber — es war auch grundfalsch. Ich habe jetzt achtmal den Versuch wiederholt, habe zuerst eine grosse Exstirpation im Gyrus sigmoideus vorgenommen, einmal sogar den Gyrus total exstirpiert und habe alsdann nach etwa einem Monat die Stelle A_1 exstirpiert: ausnahmslos habe ich die Sehstörung gerade so gefunden, wie wenn ich die Stelle A_1 primär und allein exstirpiert hätte; alle Prüfungen, die ich 1878 und 1879 angab, fielen positiv aus. Wodurch Hr. Hitzig getäuscht worden ist, darüber lassen sich bloss Vermutungen hegen, und ich mag sie im allgemeinen Interesse nicht aussprechen, da sonst Hr. Hitzig wieder bogenlang gegen die Vermutungen polemisieren dürfte. Ich will lediglich darauf aufmerksam machen, dass Hr. Hitzig²¹⁾ selber einmal aus ähnlichem Anlass erklärt hat, es sei dafür, dass ein Untersucher eine früher gemachte Angabe bestätige, absolut erforderlich, dass der Untersucher tatsächlich vorhandene Störungen wirklich auffindet und referiert.

Endlich hat Hr. Hitzig²²⁾ für seine Annahme, dass die Sehstörungen nach Rindenverletzungen auf der Hemmung subkortikaler Zentren beruhen, einen Beweis oder eine Stütze im Verhalten eines optischen Reflexes gefunden, im Verhalten des Lidschlusses auf plötzliche Annäherung der Hand. Für die Ueberlegungen, die Hr. Hitzig dabei angestellt hat, fehlt mir, wie ich gern gestehe, das Verständnis; aber es reicht für unsere Zwecke schon aus, wenn wir uns an seine experimentellen Ergebnisse halten. Ich habe zuerst 1878 in meiner dritten Mitteilung angezeigt²³⁾, dass nach der Exstirpation der Stelle A_1 der Sehsphäre Finger und Feuer dem Auge genähert den Hund nicht mehr blinzeln machen; und noch in demselben Jahre habe ich in meiner vierten Mitteilung weiter angegeben²⁴⁾, dass auch nach der Exstirpation der Augenregion der Fühlsphäre, wenn man Finger oder Faust dem Auge nähert, das Blinzeln ausbleibt. „Solches Ausbleiben des Blinzeln“, sagte ich da ausdrücklich, „hatten wir schon früher beobachtet, wo durch Läsionen der Sehsphäre Seelen- oder gar Rindenblindheit herbeigeführt war, das Tier somit die Gefahr, die seinem Auge drohte, nicht sah;

jetzt, da die Gesichtswahrnehmungen und die Gesichtsvorstellungen des Tieres nachweislich ganz unversehrt sind, kann das Ausbleiben nur darauf beruhen, dass die Grosshirnrinde den Sphincter palpebrarum nicht mehr in Tätigkeit zu setzen vermag.“ Daher steht es nicht „im Gegensatz zu Munks Theorien“, wie Hr. Hitzig böseartig sagt²⁵⁾, sondern bestätigt im Gegenteil lediglich Munks Ermittlungen, dass Hr. Hitzig den Reflex auch auf Verletzung „motorischer Zentren“, nicht bloss auf Verletzung „optischer Zentren“ gestört gefunden hat. Ja, die Uebereinstimmung ist selbst bezüglich der „motorischen“ Rindenpartie, auf deren Verletzung es ankommt, eine vollständige. Denn die den Sphincter palpebrarum in Tätigkeit setzende Rindenpartie ist, unmittelbar anstossend an den Gyrus sigmoideus, gerade da im Gyrus coronalis gelegen, wo meine Augenregion und meine Kopfreion der Fühlsphäre an einander grenzen, so dass man sie, wie ich es früher tat, zur Augenregion oder, wie ich es jetzt vorziehe, zur Kopfreion rechnen kann: und diese Rindenpartie war nach den Hitzigschen Eingriffen in den Gyrus sigmoideus, die eine Störung des Reflexes zur Beobachtung kommen liessen, bei der Schädigung, welche, wie wir früher sahen, die Rinde über die verletzte Stelle hinaus erfuhr, natürlich zu allererst in Mitleidenschaft gezogen. Ebendeshalb versteht es sich dann aber auch ohne weiteres, dass in einer Anzahl dieser Hitzigschen Versuche die Störung des Reflexes sowohl dem Grade als der Zeit nach die Störung des Sehvermögens überwog²⁶⁾. Somit bleibt allein zu erwägen übrig, was Hr. Hitzig nach oberflächlichen Verletzungen der Stelle A_1 und ihrer nächsten Umgebung gefunden zu haben angibt²⁶⁾, dass der Reflex ungeachtet einer gleichzeitigen hochgradigen Sehstörung vorhanden sein konnte und andererseits fehlen konnte, obwohl keine Sehstörung mehr bestand. Da ist nun zu beachten, dass ich nur nach der Exstirpation der Stelle A_1 und noch grösseren Exstirpationen, wenn Seelenblindheit bis Rindenblindheit herbeigeführt war, nicht nach kleineren Exstirpationen der Sehsphäre regelmässig den Reflex ausbleiben sah. Demgemäss ist, weil Hr. Hitzig weder darüber Auskunft gibt, was er unter „hochgradiger Sehstörung“ versteht, noch die Grösse seiner Exstirpationen anzeigt, und weil er sogar hervorhebt²⁶⁾, dass es oberflächliche Verletzungen waren, die er ausführte, die Auffassung wohlbegründet, dass die Hitzigschen Exstirpationen in den betreffenden Fällen einfach zu wenig ausgedehnt gewesen sind, um den Reflex verschwinden zu machen. Andererseits lässt sich nicht nur nach den Erfahrungen, die wir bei den Doppeloperationen machten, dem nicht vertrauen, dass keine Sehstörung bestand, wo Hr. Hitzig keine fand, sondern geht es auch gerade aus den paar Notizen, die Hr. Hitzig über seine einschlägigen Versuche mitgeteilt hat²⁷⁾, hervor, dass die Versuche nicht ohne Entzündungen abliefen und daher dort,

wo bei anscheinendem Fehlen einer Sehstörung der Reflex gestört war, ausser der Sehsphäre noch die Rinde des Gyrus coronalis, die dem Sphincter palpebrarum zugeordnet ist, geschädigt sein konnte. Es ist also nach alledem auch in den Hitzigschen Erfahrungen über den optischen Reflex nichts, gar nichts enthalten, das zu einem Bedenken gegen die Sehsphäre im Hinterhauptslappen berechtigen könnte.

Damit ist alles erschöpft, das ich zu behandeln hatte, und ich mag nur noch eine Bemerkung hinzufügen. Hr. Hitzig hat sich wiederholt befremdet, missfällig, vorwurfsvoll darüber ausgesprochen, dass ich über diese und jene Angabe, die mir widersprach, mich nicht geäussert habe. Ich kann die Tatsache nicht bestreiten, aber ich habe auch, nach der Art von Hrn. Hitzig zu verfahren, weder die Zeit noch die Lust. Wohl habe ich die Gewohnheit, jeden tatsächlichen Einwurf, der mir gemacht wird, alsbald der experimentellen Prüfung zu unterziehen; aber dass ich den Einwurf unrichtig fand, halte ich nicht für nötig sofort kundzutun, sondern spare es mir für die Zeit auf, dass die Veröffentlichung meiner Untersuchungen mich wieder auf den Gegenstand zurückführt, wo ich es dann an der notwendigen Kritik nicht fehlen lasse. Nur besondere Umstände können mich veranlassen, von dieser Regel abzuweichen; und so bin ich auch zu dem heutigen Vortrage nur dadurch gekommen, dass mir von verschiedenen befreundeten Seiten der Wunsch nach einer Aeussderung gegenüber den Hitzigschen Veröffentlichungen dringend ausgesprochen worden ist. Es wird nun jedenfalls keiner unrichtigen Deutung mehr unterliegen, wenn ich zu den weiteren Veröffentlichungen, die Hr. Hitzig noch in Aussicht gestellt hat, mich schweigend verhalte. Aber wie ich einstmals zuerst und vor Allen das bahnbrechende Verdienst der Fritsch-Hitzigschen Untersuchungen unumwunden und ganz anerkannt habe, so werde ich auch nicht zögern, dem Ausdruck zu geben, wenn Hr. Hitzig wieder einmal etwas Förderndes auf unserem Gebiete produziert haben wird.²⁸⁾

Anmerkungen.

- 1) Les centres de projection etc. Le Névraxe **1**. 1900. 291—320. (**2**. 192—203.)
 Ueber das kortikale Sehen des Hundes. Arch. f. Psych. **33**. 1900. 707—20.
 Ueber den Mechanismus gewisser kortikaler Sehstörungen des Hundes. Berl.
 klin. Wochenschr. 1900, Nr. 45. 1001—3.
 Hughlings Jackson u. die motorischen Rindenzentren usw. Berlin 1901. (Brain
23. 1900. 545—81.)
 Alte und neue Untersuchungen über das Gehirn. Arch. f. Psych. **34**. 1901.
 1—38; **35**. 1902. 275—392, 585—611. (Physiologische u. klinische
 Untersuchungen über das Gehirn. Gesammelte Abhandlungen. Berlin
 1904. 1—181.)
- 2) Arch. f. Psych. **35**. 391. (Ges. Abh. 153.)
- 3) Arch. f. Psych. **35**. 345—6. (Ges. Abh. 107—8.)
- 4) Arch. f. Psych. **33**. 715, 714.
- 5) Arch. f. Psych. **33**. 710; **35**. 591. (Ges. Abh. 161.)
- 6) Arch. f. Psych. **33**. 711.
- 7) Ebenda 712.
- 8) Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1874. 411.
- 9) Ebenda 439; s. auch 1876. 696.
- 10) Ebenda 1878. 600. (Grosshirnrinde 10.)
- 11) Arch. f. Psych. **34**. 4ff. (Ges. Abh. 2 ff.)
- 12) Arch. f. Psych. **34**. 10. (Ges. Abh. 8.)
- 13) Arch. f. Psych. **33**. 715.
- 14) Arch. f. Psych. **35**. 592—8. (Ges. Abh. 162—8.)
- 15) Arch. f. Psych. **33**. 715.
- 16) Arch. f. Psych. **35**. 608. (Ges. Abh. 178.)
- 17) Pflügers Arch. **76**. 1899. 411 ff.
- 18) Arch. f. Psych. **33**. 715, 719; Berl. klin. Wochenschr. 1900, Nr. 45. 1002.
- 19) Arch. f. Psych. **33**. 715.
- 20) Ebenda 716—8 (s. auch Berl. klin. Wochenschr. 1900. 1002).
- 21) Arch. f. Psych. **35**. 300. (Ges. Abh. 62.)
- 22) Berl. klin. Wochenschr. 1900, No. 45. 1002.
- 23) Grosshirnrinde 22.
- 24) Ebenda 52.
- 25) Berl. klin. Wochenschr. 1900, No. 45. 1003.
- 26) Ebenda 1002.
- 27) Ebenda 1002—3.
- 28) In seiner Replik auf diesen Vortrag (Ueber die motorische Region des
 Hundehirns u. über die Polemik des Herrn H. Munk. Arch. f. Psych. **36**. 605—29)
 lässt Hitzig nicht nur diese meine „Verteidigung mit den Mitteln der Beschimpfung
 und gehässiger und hämischer Verdächtigungen, sowie grundloser Behauptungen und
 Beschuldigungen“ geführt sein, sondern spricht auch wiederholt von „Entstellungen“
 seiner Angaben. Deshalb habe ich hier überall genau die Stellen angeführt, an denen
 man das findet, was ich sinn- und wortgetreu Hitzigs Veröffentlichungen
 entnahm.

XIII.

Ueber die Folgen des Sensibilitätsverlustes der Extremität für deren Motilität.

(Sitzungsberichte der Berliner Akademie der Wissenschaften 1903. 1038—77.)

1.

Die Abhängigkeit der Motilität der Körperteile von ihrer Sensibilität ist, seit Ch. Bell sie auffand, vielfach von Physiologen und Pathologen untersucht und behandelt worden. Der Aufklärung ihres Umfanges und ihrer Art standen jedoch lange grosse Schwierigkeiten im Wege. Denn die Bedeutung der zentralen Organe für die Herbeiführung der Bewegungen war derzeit zu wenig erkannt, als dass eine richtige Auffassung der Bewegungsstörungen, welche die Schädigung der Sensibilität veranlasste, ermöglicht war; und dazu kam, dass an Säugetieren, wegen der schlechten Verheilung der Wunden bei eröffneter Wirbelsäule, brauchbare Versuche sich gerade nicht für die Extremitäten gewinnen liessen, an denen die Verfolgung der Bewegungsstörungen noch die günstigsten Aussichten bot. In beiderlei Hinsicht ist jetzt die Sachlage verändert, und so war es nur natürlich, dass die neuerliche Mitteilung der HH. Mott und Sherrington¹⁾, betreffend ihre Versuche an Affen über den Einfluss der sensiblen Nerven auf die Bewegung der Extremitäten, einem grossen Interesse begegnete.

Nach der Durchschneidung der ganzen Reihe der einer Extremität zugehörigen sensiblen Rückenmarks-Nervenzurzeln fanden die HH. Mott und Sherrington die Bewegungen der Hand bez. des Fusses tatsächlich aufgehoben (practically abolished), sahen sie die beim Affen so häufige und nützliche Greifbewegung mit Hand oder Fuss nie mehr auftreten²⁾. Die Vorderarm- oder Unterschenkel-Bewegungen und besonders die Oberarm- oder Oberschenkel-Bewegungen waren viel weniger geschädigt.

1) Proceed. of the R. Soc. of London 57. 1895. 481—8.

2) S. auch H.E. Hering, Neurolog. Zentralbl. 1897. 1086, 1089 und Pflügers Arch. 70. 1898. 581.

Der Arm hing von der Schulter herab mit einiger Beugung am Ellbogen; das Bein war an Hüfte und Knie gebeugt. Wenn der Affe herumlief, machte er keinen Versuch, die Extremität zu gebrauchen; der Arm schwang hülflos, an Ellbogen- und Handgelenk flektiert und an der Schulter adduziert, in der Lage etwa, wie wenn er in einer Binde getragen wäre; das Bein erschien wie hochgehalten, so dass es den Boden nicht berührte. Liess man den Affen klettern, so schwang der Arm mehr oder weniger hülflos und wurde nicht für das Klettern benutzt; ähnlich wurde das Bein mehr oder weniger gebeugt an Hüfte und Knie gehalten und nicht für das Klettern benutzt. Wurde die Futterzeit aufgeschoben und dem Affen mit anästhetischem Arme eine Frucht angeboten, nachdem der ungeschädigte Arm auf dem Rücken befestigt war, so machte der Affe keinen Versuch, den anästhetischen Arm zu benutzen, um die Nahrung zu erlangen, sondern es wurde der Hals vorgebracht, um sie mit dem Munde zu fassen. Und wurde die Frucht in die Hand des anästhetischen Armes gelegt, so hob der Affe nicht die Hand und erschien ganz unfähig, sie zu heben, auch wenn man ihn dazu anregte.

Hinsichtlich der Art der Motilitätsstörung der Extremitäten war, wie die HH. Mott und Sherrington weiter sagen, ein Zug hervorstechend und konstant, nämlich ihre eigentümliche topographische Verteilung. Der Motilitätsdefekt nahm von der befestigten Basis zur freien Spitze der Extremität hin zu; so dass er z. B. verhältnismässig klein an der Hüfte, folgeweise grösser am Knie und am Fussgelenk und am grössten (hinauslaufend, was das Wollen betrifft, auf absoluten Verlust) an den Fingern war. In der Hinsicht ahmte die Störung merkwürdig streng (*curiously closely*) die Schädigung der Motilität nach, die der Abtragung der Extremitätenregion der Hirnrinde folgt; nur war sie etwas stärker als die letztere. Gleichwohl fand sich, dass kräftige und rasche Bewegungen selbst der feinen Glieder am Ende der Extremität herbeigeführt werden konnten, wenn man die Affen zu strampeln veranlasste; z. B. konnte, während sich die Affen von der Aether-Inhalation erholten, oder während sie sich zu befreien versuchten, wenn man sie ungeschickt hielt, die ganze Extremität in allen ihren Gliedern Bewegungen zeigen; aber selbst unter diesen Umständen waren nur ein- oder zweimal Greifbewegungen der Finger zu sehen, obwohl scharfe Streckung der Finger nicht annähernd so selten war.

Nach allem sahen sich die HH. Mott und Sherrington zu schliessen veranlasst, dass durch den Sensibilitätsverlust der Extremität „die assoziierten Bewegungen (Mitbewegungen) der Extremität verhältnismässig wenig geschädigt, dagegen die unabhängigen und feiner adjustierten Bewegungen, die vorwiegend die kleineren und mehr individualisierten Muskelmassen von Hand und Fuss in Anspruch nehmen

und zur Bewegung der Finger, insbesondere des Daumens und der grossen Zehe dienen, — in der Tat gerade die Bewegungen, die am ausgiebigsten in der Extremitätenregion der Hirnrinde repräsentiert sind, äusserst schwer geschädigt und in einigen Fällen vernichtet sind.“ „Wir sagen“ — fahren sie fort — „mit Bedacht ‚vernichtet‘, weil wir durch unsere Beobachtungen überzeugt sind, dass für den Fall gewisser Bewegungen, z. B. der Greifbewegungen von Hand und Fuss, der Opposition von Daumen und grosser Zehe, das Tier völlig unfähig gemacht ist, sie auszuführen, selbst bei dringendstem Anlass. Dieser Schluss ist uns allmählich aufgedrungen worden. Obwohl wir uns der Gefahr bewusst sind, Ausdrücke, die sich auf das Bewusstsein beziehen, in Schilderungen einzuführen, die sich fast allein auf motorische Reaktionen gründen, so glauben wir nicht klarer die Verfassung der Tiere dartun zu können, als indem wir sagen, dass die Willenskraft, mit der Hand zu greifen usw., durch den experimentell herbeigeführten lokalen Verlust aller Formen der Sensibilität vollkommen vernichtet ist. Ferner, dass diese Willenskraft unmittelbar von der Zeit der Operation an verloren war, und dass nicht die kleinste Spur irgendeiner Wiederherstellung derselben auftrat während der längsten Zeiten, auf welche unsere Beobachtungen sich ausdehnten (etwa 4 Monate).“ Die HH. Mott und Sherrington führen noch an, dass die Reizbarkeit der Grosshirnrinden-Regionen, die Finger- oder Zehen-Bewegungen herbeiführen, nicht herabgesetzt war, eher etwas erhöht schien, und dass der Rückenmarkstonus in den Muskeln der anästhetischen Armes unzweifelhaft sehr verringert war. Sie lassen dann ihre Versuche „anzeigen, dass nicht bloss die Rinde, sondern die ganze sensorische Bahn von der Peripherie zur Rinde in Aktion ist während der willkürlichen Bewegung“. Und sie lenken noch zum Schluss die Aufmerksamkeit darauf als auf eines ihrer Hauptergebnisse: „dass zentripetale Impulse, sowohl von der Haut wie von den Muskeln, besonders die ersteren bezüglich Handteller und Fusssohle, für die Ausführung von Bewegungen höchster Ordnung (‘highest level’ movements)¹⁾ notwendig sind“; nicht etwa wolle das Tier die Bewegungen nicht machen, die man fehlen sieht, sondern es könne sie nicht machen, es bestehe, wie ihre Beobachtungen an zahmen Tieren sie überzeugt haben, eine wirkliche Unfähigkeit, die Bewegungen auszuführen.

Man hat die Mott-Sherringtonschen Ergebnisse ohne Bedenken schon oft weiter benutzt, aber mit unseren anderweitigen Kenntnissen

1) „The third or highest level of Hughlings Jackson is that part of the central nervous system which is conceived to be the seat of memory and ideation.“ E. A. Schäfer in seinem Textbook of Physiology, Vol. II. Edinburgh 1900. 698.

waren sie nicht zu vereinen. Ich habe gezeigt¹⁾, dass, wenn man die einer Extremität zugehörige Rindenpartie, in welcher die zur Rinde gehenden sensiblen Nervenfasern der Extremität enden, also die Arm- oder Beinregion der gegenseitigen Fühlsphäre extirpiert, von den willkürlichen Bewegungen der Extremität die isolierten Bewegungen oder Sonderbewegungen, d. h. die Bewegungen, welche ausschliesslich die Extremität oder deren Glieder betreffen, verloren gehen, dagegen die Gemeinschaftsbewegungen, d. h. die Bewegungen, welche an der Extremität zusammen, in Verbindung oder in der Reihe, mit Bewegungen anderer Körperteile erfolgen, erhalten bleiben, nur dass ihnen die Regulierung fehlt, so dass sie Unvollkommenheiten und Ungeschicktheiten, insbesondere bezüglich der Bewegungen der unteren Glieder darbieten. Nahe das Gleiche bringt nun nach den HH. Mott und Sherrington der völlige Sensibilitätsverlust der Extremität infolge der Durchschneidung aller sensiblen Nervenwurzeln der Extremität mit sich. Denn sichtlich entsprechen ihre „assoziierten Bewegungen (Mitbewegungen)“ meinen „Gemeinschaftsbewegungen“, ihre „unabhängigen“ meinen „isolierten“ Bewegungen der Extremität; und es bleibt nur nach ihrer Darlegung, wie ich sie oben wiedergab, im Unklaren, ob isolierte Bewegungen der oberen Glieder der Extremität erhalten waren, — der Eingang ihrer Ausführungen lässt sich dafür, der Schluss dagegen geltend machen. Jedenfalls fanden sie die isolierten Bewegungen der unteren Glieder und, da die Affen gar keinen Ansatz machten, die angebotene Frucht zu greifen oder die in die Hand gelegte Frucht zum Munde zu heben, auch viele isolierten Bewegungen der oberen Glieder der Extremität verloren gegangen. Aber nach meinen Untersuchungen sind in der Extremitätenregion motorische zentrale Elemente enthalten, die, zur Tätigkeit angeregt seitens anderer, innerhalb oder ausserhalb der Extremitätenregion gelegener Rindenelemente, mittels der von ihnen zu der Extremität ziehenden Bahnen die isolierten willkürlichen Bewegungen der Extremität herbeiführen, und rührt es von dem Fortfall dieser motorischen zentralen Elemente her, dass nach der Exstirpation der Extremitätenregion die isolierten willkürlichen Bewegungen ausbleiben. War dies richtig, so konnten nicht wohl durch die blosse Durchschneidung aller sensiblen Nervenwurzeln der Extremität deren isolierte willkürliche Bewegungen so, wie es die HH. Mott und Sherrington angaben, vernichtet sein. Denn hier waren jene motorischen zentralen Elemente der Extremitätenregion sowohl erhalten wie in ihrer alten Verbindung mit der Extremität geblieben und damit befähigt, auf Anregung, wenn selbst nicht mehr seitens solcher Rindenelemente, welche innerhalb der Extremitätenregion

1) S. oben 56 ff. (1893.)

gelegen waren, so doch seitens der übrigen Rinde, der Sehsphäre, der Hörsphäre usw., die isolierten willkürlichen Bewegungen der Extremität herbeizuführen; es konnten nur diese Bewegungen infolge des völligen Sensibilitätsverlustes der Extremität Mängel darbieten, wie sich bei den Gemeinschaftsbewegungen infolge der Totalexstirpation der Extremitätenregion Unvollkommenheiten und Ungeschicktheiten gefunden hatten. Oder um es grob an einem Beispiele auszudrücken, es war nicht abzusehen¹⁾, weshalb der Affe, an dem lediglich ein Arm aller sensiblen Nerven beraubt war, nicht ferner noch mit diesem Arme und dessen Hand sollte eine Greifbewegung machen können, wenn er die Kirsche sah oder die Fliege summen hörte oder ein Jucken am Kopfe fühlte, mochte es auch sein, dass die Greifbewegung unvollkommen oder ungeschickt ausfiel. Hatte es doch mit der Mott-Sherringtonschen Lehre seine Richtigkeit, so bedurften die Vorstellungen, die wir von der Fühlsphäre gewonnen hatten, einer wesentlichen Umgestaltung.

Von diesem Gesichtspunkte aus sah ich mich zur Prüfung der Mott-Sherringtonschen Angaben veranlasst und bin ich durch die Natur der Sache zur Untersuchung der Abhängigkeit, in der die Motilität des Körperteiles von seiner Sensibilität steht, gekommen. Meine Versuche sind gleichfalls an Affen (*Macacus rhesus* und *cynomolgus*)²⁾ angestellt und betrafen den Arm (gewöhnlich den rechten), der wegen seiner Beweglichkeit und seines Reichtums an Bewegungsarten der geeignetste Körperteil ist. Er wurde gemäss der Kenntnis von der Nervenverteilung, die wir Hrn. Sherrington verdanken, und nach dem Vorgange der HH. Mott und Sherrington aller Sensibilität beraubt, indem (bei tiefer Aethernarkose und aseptischem Verfahren) die ganze Reihe der gleichseitigen hinteren Rückenmarksnerven-Wurzeln vom 4. Cervikalnerven an bis zum 4. Dorsalnerven einschliesslich vollkommen durchschnitten wurde. In einigen Fällen habe ich auch noch die hintere Wurzel des 3. Cervikalnerven durchtrennt: es erwies sich für die hier in Betracht kommenden Verhältnisse als bedeutungslos.

2.

Zunächst sah ich bei meinen Versuchen dasselbe wie die HH. Mott und Sherrington. Nach der Durchschneidung der Nervenwurzeln waren die Bewegungen der Hand tatsächlich aufgehoben, machte der Affe keine Greifbewegungen mehr mit der Hand. Bot man dem Affen, der längere

1) Vergl. oben 66.

2) Drei ausnahmsweise an *Cynocephalus* ausgeführte Versuche lieferten dieselben Ergebnisse.

Zeit nicht gefüttert war, Nahrung an, nachdem man den ungeschädigten Arm mit einer Binde auf dem Rücken befestigt hatte, so machte der anästhetische Arm keinen Versuch, die Nahrung zu erlangen, sondern ging der Kopf vor, sie mit dem Munde zu fassen; und wurde die Nahrung in die Hand des anästhetischen Armes gelegt, so hob der Affe auch nicht die Hand. Aber ich habe es nicht dabei bleiben sehen.

Nahm man das Zurückbinden des Armes wiederholt an verschiedenen Tagen vor, so streckte, wenn man Mohrrübenstücke vorhielt, der eine Affe früher — es konnte sogar schon bei der ersten Wiederholung sein —, der andere Affe später plötzlich einmal den anästhetischen Arm rasch nach dem Mohrrübenstück vor, ohne es zu erreichen, und zog, wenn man das Mohrrübenstück in die Hand gelegt hatte, den Arm zurück und nahm das Stück, nachdem er den Kopf zur Hand gesenkt hatte, mit dem Munde aus der Hand. Und nicht nur streckte fortan jedesmal, dass man ein Mohrrübenstück vorhielt, der Affe den Arm vor, dabei mit der Zeit immer geschickter, sondern es kam auch bald dazu, dass der zurückgezogene Arm das in die Hand gelegte Mohrrübenstück zum Munde führte. In der Folge vervollkommnete sich dann das Vorstrecken und zum Munde Führen regelmässig noch weiter, je öfter man dem Affen die Aufgabe stellte.

Da an jedem Tage nach dem Zurückbinden des ungeschädigten Armes eine längere Zeit verfließen musste, ehe der Affe überhaupt mit den Bewegungen des anästhetischen Armes begann, drängte sich die Vermutung auf, dass das Zurückbinden durch die Aufregung, in die es den Affen versetzte, bloss unnütz die Beobachtungen erschwerte: und in der Tat stellte es sich heraus, als ich das Zurückbinden nach den ersten Versuchen ganz unterliess, dass auf die einfachste, bald zu schildernde Weise die Erfahrungen ebenso gut zu machen waren, ja noch besser, weil der Affe in Ruhe verblieb und das Verhalten des ungeschädigten Armes schärfer zu beobachten war. Alle Affen, die ich weiter prüfte, haben, ohne dass der ungeschädigte Arm zurückgebunden war, bald die anästhetische Hand mit der Nahrung zum Munde geführt, mit dem anästhetischen Arme Greifbewegungen gemacht und mit der Hand die Nahrung gefasst.

Bei solchem Widerspruche, zumal bewährten Forschern gegenüber, will ich nicht unterlassen sogleich hervorzuheben, dass der Verdacht, es wären wesentliche Versuchsbedingungen nicht erfüllt gewesen, für meine Fälle ausgeschlossen ist. Da die HH. Mott und Sherrington nicht die Greifbewegungen fortfallen sahen, wenn sie einige sensible Nervenwurzeln der Reihe nicht durchschnitten oder sogar nur eine einzelne Wurzel, die 8. Cervikalwurzel, verschonten, könnte man daran denken,

dass der Arm meiner Affen nicht aller sensiblen Wurzeln beraubt war. Indes bietet die genaue Durchführung der operativen Aufgabe, wenn man die Wirbelsäule weit genug vom 3. Cervikalwirbel bis zum 5. Dorsalwirbel eröffnet, bei einiger Uebung keine Schwierigkeiten und erlangt man schon unmittelbar, indem man die Stümpfe der durchschnittenen Wurzeln zurückschlägt, durch die Glätte der Oberfläche des Rückenmarks die Sicherheit, dass auch nicht ein einziger Faden von der ganzen Reihe der anzugreifenden Wurzeln der Durchschneidung entging. Dessen habe ich auch stets, nachdem ich bei Lebzeiten die vollkommene Anästhesie konstatiert hatte, schliesslich noch durch die Sektion der Affen mich vergewissert. Andere Fehler und Mängel aber, die sich bei den Versuchen einstellen können, wie die Kompression des Rückenmarks beim Abheben und Durchschneiden der Wurzeln, Nachblutungen, Pachymeningitis und Myelitis bei der Heilung, können für meine Fälle schon von vornherein nicht in Frage kommen, weil sie alle durch die Schädigung des Rückenmarks gerade den Untergang, wie anderer Bewegungen, so auch der Greifbewegungen mit sich bringen. Die Versuche, von denen ich berichte, waren alle von solchen Fehlern und Mängeln frei, das Rückenmark war nicht verletzt und die Wunde per primam ohne jede Verwicklung geheilt.

Demnach verhält es sich bezüglich der Schädigung, welche die Motilität der Extremität durch deren völligen Sensibilitätsverlust erfährt, anders, als die HH. Mott und Sherrington meinten; und wir wollen, um eine weiter gehende Einsicht zu gewinnen, an unseren Affen die willkürlichen Bewegungen des anästhetischen Armes, zuerst die isolierten und dann die Gemeinschaftsbewegungen, näher ins Auge fassen.

3.

Bot man, nachdem die Narkose sich verloren hatte, noch am Tage der Operation dem Affen, der vornübergeneigt und auf den ungeschädigten Arm gestützt im Käfig sass, Mohrrübe an, so hob der Affe bei voller Ruhe des übrigen Körpers den herabhängenden anästhetischen Arm und näherte ihn unter Beugung des Vorderarms der Mohrrübe; er erreichte nur diese nicht und machte auch nicht die Greifbewegung mit der Hand, die vielmehr ganz unbewegt blieb. Bloss einigemal hatte die Prüfung den Erfolg; bei weiterer Wiederholung blieb der anästhetische Arm ganz in Ruhe, und fortan ging lediglich der ungeschädigte Arm oder der Kopf vor, die Nahrung zu fassen.

Doch zeigten sich an den folgenden Tagen, wenn man den Affen sich selbst überliess und durch längere Zeiten im Auge behielt, andere isolierte Bewegungen am anästhetischen Arme. Gelegentlich wurde der

Oberarm ab- oder adduziert oder rotiert oder nach vorn und hinten geführt, gelegentlich wurde der Vorderarm gebeugt und gestreckt, gelegentlich wurde die Hand proniert und supiniert oder gebeugt und gestreckt oder ab- und adduziert oder geschlossen und geöffnet, gelegentlich wurden die Finger gespreizt und aneinandergeschlossen oder gebeugt und gestreckt, alle Finger zugleich oder nur einige oder auch der Daumen allein. Kurz, alle Bewegungen, deren die Glieder des Armes fähig sind, traten auf, das eine Mal mehr diese, das andere Mal mehr jene, bald häufiger bald seltener wechselnd, bald stärker bald schwächer, manche in vielmaliger Wiederholung hinter einander, alle aber nicht weiter zu einer verwickelteren Bewegung des Armes sich zusammenschliessend und ohne sichtlichen Zweck. Da der Affe im übrigen in voller Ruhe sitzend verharrte und oftmals die Vorgänge am Arme aufmerksam mit den Augen verfolgte, machte es den Eindruck, als übte der Affe die Bewegungen des anästhetischen Armes; und der Eindruck wurde noch dadurch verstärkt, dass anderemal der Affe den anästhetischen Arm am unteren Ende mit einem Fusse oder der ungeschädigten Hand fest umfasste und, ohne hinzusehen, vielmal hinter einander beugte und streckte, pronierte und supinierte usw.

Auch wenn der Affe sich noch so viel kratzte, er kratzte immer nur mit einer ungeschädigten Extremität und niemals den anästhetischen Arm; wollte er eine Stelle von Brust, Bauch oder Bein kratzen, welcher der anästhetische Arm an- oder auflag, so führte er diesen Arm vor- oder rückwärts oder hob oder abduzierte ihn, jedesmal gerade wie es passte, um der kratzenden Extremität Platz zu schaffen. Das Krauen, die eigenartige Reinigung des Pelzes, vollführte die ungeschädigte Hand auch am anästhetischen Arme, besonders am Vorderarm, und der aufmerksam hinschauende Affe war dann eifrig dabei, durch oftmaliges Bewegen, Drehen, Pronieren, Supinieren usw. dieses Armes immer neue Stellen des Pelzes unter die krauende Hand zu bringen. Ging man mit der Hand rasch in den Käfig ein, um die anästhetische Hand zu fassen, und sah es der Affe, so zog er den Arm hinter seinen Rücken zurück; er brachte den Arm wieder nach vorn, wenn die Hand sich entfernt hatte. / Drang man plötzlich mit einem Stocke in der Richtung nach dem anästhetischen Arme hin vor, so hob der Affe diesen Arm und streckte ihn gegen den Stock vor, doch ohne dass die Hand den Stock fasste oder auch nur anders als durch Zufall erreichte. Hatte der Affe ein langes Mohrrübenstück an dem einen Ende in den Mund genommen oder ein kleineres Mohrrübenstück nicht gut mit dem Munde gefasst, so dass die Gefahr bestand, dass er das Mohrrübenstück aus dem Munde verlor, so geschah es manchmal, dass der anästhetische Arm zu Hülfe eilte und mit dem Dorsum von Handwurzel oder Hand gegen

das Stück stiess. Ebenso kam es vor, wenn der Affe ein grosses Reis- oder Semmelstück verzehrte, das er mit der ungeschädigten Hand am Munde hielt, dass auch der anästhetische Arm an das Stück heranging und es mit ungeschickter Anlagerung der Hand stützte. Manchmal hob der Affe plötzlich die anästhetische Hand in oder über Schläfenhöhe und fuhr mit ihr am Gesicht herunter, wie wenn er Auge oder Nase oder Mund wischen oder die Backentasche ausdrücken wollte, doch ohne dass die Hand weiter eine Bewegung zu solcher Leistung machte. Und oft hob der Affe den anästhetischen Arm und brachte den Vorderarm oder die Hand an den Mund, die Finger an oder in den Mund, um in die genannten Glieder hineinzubeissen¹⁾ oder, waren schon Bisswunden da, diese Wunden zu belecken.

Legte ich eines Tages, wenn der Affe ruhig auf dem Boden oder der Stange des Käfigs sass, in die Hohlhand des anästhetischen Armes vor den Augen des Affen ein Mohrrübenstück, so nahm es der Affe hin und wieder durch Senken des Kopfes unmittelbar aus der Hohlhand in den Mund; gewöhnlich führte er es mit dem ungeschädigten Arme dem Munde zu, indem er mit der ungeschädigten Hand entweder das Stück aus der Hohlhand herausnahm oder die anästhetische Hand fasste und mit dem auf ihr ruhenden Stücke zum Munde emporhob: an dem anästhetischen Arme trat unter keinen Umständen eine Spur von aktiver Bewegung auf. Hatte sich dasselbe mehrmals wiederholt, und wehrte ich nun nach einer neuen Beschickung der anästhetischen Hohlhand die ungeschädigte Hand und den Kopf, die sich der Hohlhand nähern wollten, dadurch ab, dass ich, was immer genügte, in ihren Weg meine Hand vorschob, so verharrte der Affe für eine Weile ganz in Ruhe, und dann hob er plötzlich den anästhetischen Arm und brachte die Hohlhand an den Mund. Bei den nächstfolgenden Beschickungen der anästhetischen

1) Dieses Beissen war bei den muntersten und intelligentesten meiner Affen ein regelmässiges Vorkommnis und wiederholte sich manchmal vom ersten Tage an durch 1—2 Wochen so häufig, dass Vorderarm und Hand mit Bisswunden bedeckt waren. Hin und wieder ging zuerst der Kopf heftig auf den Arm los, der unbewegt blieb, oder wurde der anästhetische Arm vom ungeschädigten Arme an den Mund gebracht; dann aber ging der anästhetische Arm stets in isolierter Bewegung blitzschnell an den Mund. Es kam zum Beissen unter denselben Umständen, unter welchen man auch kleine Kinder manchmal ihre Hand zur Strafe schlagen sieht, wenn nämlich die Hand bei der Ausführung einer Bewegung versagt hatte, wenn sie z. B. nicht die vorgehaltene Nahrung gefasst hatte oder wenn sie sich nicht auf die Stange gelegt hatte (s. unten 262) und dadurch der Sprung auf die Stange dem Affen missglückt war. — Durch das Lecken und Knabbern an den Bisswunden habe ich einigemal den Verlust von Fingern und sogar der ganzen Hand eintreten sehen. Verbände brachten wenig Nutzen, weil die Affen, die viel knabberten, auch meist nach der Verheilung der Geschwüre die Narben wieder aufrissen.

Hohlhand kam es wohl noch einigemal vor, dass ich ebenso Kopf und Hand abzuwehren hatte; danach aber ging regelmässig die anästhetische Hand sogleich ohne weiteres an den Mund, auch wenn ich erst nach einer längeren Unterbrechung, z. B. am folgenden Tage diese Art des Fütterns von neuem aufnahm. Und je öfter nunmehr der anästhetische Arm selber das Mohrrübenstück an den Mund brachte, desto besser führte er auch seine Aufgabe aus. Zuerst hatte die anästhetische Hand, die mit ihren wenig gebeugten Fingern nahezu offen war, keinerlei aktive Bewegung gezeigt und war das Mohrrübenstück, wenn der Arm sich hob, manchmal herausgefallen; später schloss sich die Hand um das Mohrrübenstück, sobald es in die Hohlhand gelegt war, anfangs eben merklich; allmählich besser, schliesslich ganz fest. Aus der an den Mund gelangten Hand konnte dann der Affe zunächst, da die Hand ganz unbewegt blieb, nicht anders das Mohrrübenstück herausnehmen, als indem er mit dem Munde diese oder jene Finger vom Mohrrübenstück abhob; aber in kurzem streckte er aktiv die Finger, wiederum anfangs nur wenig und mit der Zeit immer mehr.

Änderte ich das Füttern zu einer Zeit dahin ab, dass ich das Mohrrübenstück nicht mehr in die Hohlhand des Affen legte, sondern vor den (vertikalen) Gitterstäben des Käfigs zwischen meinem Daumen und Zeigefinger dem Affen hinhielt, so machte der Affe, kaum dass ich noch den Kopf und den ungeschädigten Arm abzuwehren hatte, mit dem anästhetischen Arme auch Greifbewegungen. Sie waren anfangs immer sehr unvollkommen, indem der Affe zwar den Arm ungefähr in der Richtung nach dem Mohrrübenstück hin vorstreckte, aber die Hand zuerst nicht einmal bis an das Gitter, später wohl richtig vor das Gitter, doch zu weit nach rechts oder links, vorn oder hinten, oben oder unten vom Stücke brachte und nicht weiter bewegte. Waren die Bemühungen des Affen so mehrmals nach einander erfolglos geblieben, so stellte er sie gänzlich ein; und man musste ihm deshalb derzeit zu Hülfe kommen und das Mohrrübenstück in die vorgeschobene Hand legen, die er dann zum Munde brachte, wollte man ihn die Greifbewegungen fortsetzen sehen. Diese wurden desto vollkommener, je öfter sie sich wiederholten. Die Hand wurde immer besser an der richtigen Stelle zwischen den Gitterstäben heraus- und immer näher an das Stück herangebracht, dabei zugleich immer weiter durch Spreizen und Strecken bis Ueberstrecken der Finger geöffnet; und sie wurde danach gehoben und gesenkt, vor- und rückwärts geführt, gebeugt und gestreckt, supiniert und proniert, bis sie, mit der Vola dicht über dem Mohrrübenstück angelangt, sich schloss, um das Stück zu fassen. Weiter wurden die korrigierenden Bewegungen, die dem Schliessen der Hand voraufgingen, immer spärlicher, und immer seltener verfielen sich beim Hervorkommen der Hand die

Finger in den Gitterstäben. Endlich wurde sogleich beim Vorstrecken des Armes die Hand proniert mit gespreizten und gestreckten Fingern unmittelbar auf meine Finger mit dem Mohrrübenstück gelegt und rasch kräftig und kratzend geschlossen. In der Regel führte alsdann der Affe schnurstracks die Hand geschlossen und supiniert an den Mund, um mit diesem das Mohrrübenstück aus der sich öffnenden Hand herauszunehmen. Nur in zweierlei Fällen geschah es anders. War, nachdem der Affe die Hand geschlossen hatte, das Mohrrübenstück sichtbar zwischen meinen Fingern zurückgeblieben, weil das Stück vom Affen nicht gut gefasst oder von mir festgehalten worden war, so unterbrach der Affe das Zurückziehen der Hand, noch ehe das Gitter erreicht war, und schob die Hand sogleich geöffnet wieder vor, um sie nochmals über meinen Fingern zu schliessen; es konnte dasselbe mehrmals sich wiederholen, bis das Stück verschwunden war. Der andere Fall trat ein, wenn ich, während der Affe die Hand über meinen Fingern schloss, das Mohrrübenstück, ohne dass der Affe es merkte, hatte zu Boden fallen lassen. Der Affe, der in der an den Mund gebrachten Hand nichts fand, suchte, sichtlich verwundert, unter Hin- und Herbewegen des Kopfes in der Hand nach; und die nächsten Male, dass ich wieder ein Mohrrübenstück anbot, führte er die Hand, nachdem er sie über meinen Fingern geschlossen hatte, nicht sofort an den Mund, sondern bloss hinter das Gitter zurück, öffnete sie halb und schaute nach, schloss sie von neuem und brachte sie an den Mund. Reichte ich nicht dem Affen die Mohrrübenstücke mit der Hand, sondern legte ich sie vor ihm auf den Querbalken des Gitters, so war alles im wesentlichen ebenso.

Sehr rasch, schon innerhalb weniger Tage, konnten die Dinge bei dem Füttern die geschilderte Entwicklung nehmen und auch sehr bald nach der Operation. Die Affen sind natürlich nach der grossen Verletzung, auch wenn die Heilung noch so gut sich vollzieht, in den ersten 1—3 Tagen weniger munter und beweglich und bleiben — offenbar infolge der Abtrennung der Nacken- und Rückenmuskeln, die mit der Eröffnung der Wirbelsäule verbunden ist — nicht lange aufrecht sitzen, sondern legen sich gewöhnlich vornüber mit Brust und Kinn dem Boden oder der Stange auf. Trotzdem habe ich öfters, wo ich früh mit meinem Füttern begann, den anästhetischen Arm schon am nächsten Tage nach der Operation die in die Hohlhand gelegte Mohrrübe zum Munde bringen und am achten Tage nach der Operation die Greifbewegungen in der beschriebenen Vollkommenheit machen sehen. Diese Bewegungen reihten sich also mit den anderen, die wir vorher kennen lernten, als solche zusammen, die der anästhetische Arm schon in der nächsten Zeit nach dem Untergange seiner Sensibilität ausführte.

In vereinzeltten Fällen war sogar nicht einmal die vorübergehende Untätigkeit des anästhetischen Armes zu beobachten, die ich oben S. 253 als die Regel beschrieb. In diesen Fällen geschah es, nachdem die Narkose sich verloren hatte, nicht bloss die ersten Male, wenn ich dem Affen Mohrrübe anbot, dass er den anästhetischen Arm hob und vorstreckte, sondern setzte sich das Vorstrecken regelmässig weiter fort und waren dabei am nächsten Tage nach der Operation mit der Bewegung von Ober- und Vorderarm auch eine Supination der Hand und eine schwache Beugung von Hand und Fingern verbunden. Das in die Hohlhand gelegte Mohrrübenstück führte der Affe an ebendiesem Tage mit offener Hand, am nächsten Tage schon mit geschlossener Hand zum Munde. Zum Greifen des vorgehaltenen Mohrrübenstückes mit Hand und Fingern kam es jedoch auch hier erst in den folgenden Tagen, nicht wesentlich früher also, als wir es auch schon anderweitig fanden.

In der Folgezeit traten an unseren Affen die vielfachen isolierten Bewegungen der Glieder des anästhetischen Armes ohne sichtlichen Zweck, die Bewegungen, die den Eindruck von Uebungen machten, seltener auf. Auch wurde der Arm seltener oder sogar nur noch ausnahmsweise einmal zum Munde gebracht, um in ihn hineinzubeissen; nur in ein paar Fällen, in denen aus den Bisswunden grössere Geschwüre entstanden und ohne schützenden Verband geblieben waren, setzte sich das oftmalige Heben des Armes zum Belecken der Wunden länger fort. Die übrigen Bewegungen des anästhetischen Armes wurden immer besser ausgeführt. Wider den plötzlich gegen den anästhetischen Arm vorgestreckten Stock ging der Arm vor und bewegte sich zugleich die Hand, so dass diese entweder mit der Vola den Stock aufhielt oder mindestens mit dem Dorsum der sich kräftig beugenden Finger den Stock streifte. Wenn der Affe mit der anästhetischen Hand wie zum Wischen oder Drücken über das Gesicht fuhr, machte er auch Bewegungen der Hand selbst oder der Finger, ebenso, wenn er sich mit dem anästhetischen Arme das grosse Reisstück vor dem Munde oder das schlecht gefasste Mohrrübenstück im Munde sichern wollte. Bewegte ich das vorgehaltene Mohrrübenstück, das der Affe eben mit dem anästhetischen Arme zu fassen im Begriff war, rasch auf und ab und hin und her, so folgte der Affe dem Stücke mit entsprechenden Bewegungen von Arm und Hand und griff es sofort gut, wenn es zum Stillstand kam. Legte ich das Mohrrübenstück so auf den Querbalken des Gitters, dass die Gitterstäbe dem im Wege standen, dass der Affe es auf die gewöhnliche Weise durch Auflegen und Schliessen der Hand griff, so machte der Affe die mannigfaltigsten Bewegungen mit Arm und Hand und Fingern, bis er das Stück soweit verschoben hatte, dass er es fassen konnte. Ja, sah der Affe, dass ich Mohrrübenstücke auf das Dach des Käfigs

legte, so führte er, dicht unter dem (undurchsichtigen) Dache am Gitter hängend, den Arm aussen an den Gitterstäben hoch und beugte rückwärts die Hand, bewegte sie hin und her und öffnete und schloss sie vielmals, um die Stücke zu fassen; — was ihm freilich hier, anders als beim gleichen Verfahren mit dem ungeschädigten Arme, selten einmal wirklich zum Genusse eines Stückes verhalf, da die geschädigte Hand, hatte sie schon zufällig ein Stück umschlossen, doch es gewöhnlich, weil sie es nicht fühlte, wieder durch Oeffnen verlor und, wenn sie geschlossen zurückgezogen und an den Mund gebracht wurde, in der Regel nichts enthielt.

Neue isolierte Bewegungen des anästhetischen Armes kamen auch hinzu. So setzte der Affe im ruhigen Sitzen, ohne seine Haltung weiter zu verändern, den mit der Hand in der Luft herabhängenden Arm gelegentlich zum Stützen fest auf den Boden oder die Stange des Käfigs oder den Querbalken des Gitters, zuerst so, dass alle oder einige Finger mit dem Dorsum auflagen, später manchmal unter Anlagerung der Vola von Hand und Fingern. In den seltenen Fällen, in welchen der Arm an einen Gitterstab ging, wurde dieser ungeschickt von der Hand gefasst, indem sich der Stab hier oder da zwischen den Fingern einschob, die ihre geringe Beugung beibehielten. Besonders aber handelte es sich um die Reinigung des Pelzes. Wenn diese der ungeschädigte Arm vornahm, half zuweilen der anästhetische Arm, indem er dicht an die der Reinigung unterworfenen Stelle heranging und die Haut jetzt hier, dann dort durch Aufnahme einer Hautfalte anspannte oder, wenn gerade die Zehen an der Reihe waren, bald diese bald jene Zehe anfasste und hob. Doch auch selbständig führte der anästhetische Arm die Reinigung aus. Entweder löste er den ungeschädigten Arm, der die Reinigung begonnen hatte, ab, indem er wiederum mit der Hand heranging und, wenn jener Arm die Tätigkeit eingestellt hatte, seinerseits die Reinigung fortsetzte; oder er wurde für sich allein tätig, während der ungeschädigte Arm in Ruhe blieb. So habe ich den anästhetischen Arm allein den Vorderarm, den Oberschenkel, den Fuss und die Zehen der Gegenseite, ferner den Scheitel, den Bauch und die Aftergegend krauen sehen. Er arbeitete dabei, wie der ungeschädigte Arm, mit oftmaligem schwachen Beugen und Strecken und Hin- und Herbewegen der Finger; doch legte er gewöhnlich nicht so fest die Fingerspitzen an die Haare an und zog sie nicht so weit die Haare entlang. Ofters führte er, gerade wie es der ungeschädigte Arm tat, unmittelbar nach dem Krauen die Fingerspitzen an den Mund, um sie mit den Zähnen zu putzen.

Alles das war noch innerhalb der ersten Monate nach der Operation zu beobachten, und in der Folge blieb es dann dabei, dass der Affe ebensowohl mit dem anästhetischen wie mit dem ungeschädigten Arme

die isolierten willkürlichen Bewegungen machte; höchstens das Kratzen hätte ich auszunehmen, müsste ich nicht gestehen, dass unter dem, was ich vorhin als Krauen beschrieb, auch zuweilen ein unvollkommenes Kratzen mit untergelaufen sein könnte. Doch liess es sich nicht übersehen, dass der Affe sich mit Vorliebe des ungeschädigten Armes bediente. War ein Anlass da, den anästhetischen Arm zu benutzen, so tat es der Affe; wo solcher Anlass fehlte und der eine Arm wie der andere den Dienst leisten konnte, setzte er den ungeschädigten Arm in Bewegung. Am handgreiflichsten trat es darin entgegen, dass die Affen, die durch viele Monate, wenn ich oder ein Anderer ihnen Mohrrübe oder anderes Futter reichte oder vorlegte, niemals anders als mit dem anästhetischen Arme zugriffen, doch, wenn sie im Käfig oder im Zimmer sich selbst überlassen waren, ihre Nahrung mit dem ungeschädigten Arme nahmen. Dass dabei lediglich eine Bevorzugung dieses Armes bestand, ging daraus hervor, dass sie auch im letzteren Falle alsbald den anästhetischen Arm verwandten, wenn ich den anderen Arm festband oder die diesem Arme zugehörige Armregion der Fühlsphäre exstirpierte. Und noch in anderer Hinsicht blieb ein Unterschied zwischen den beiden Armen für die Dauer bestehen. Wir sahen die Bewegungen des anästhetischen Armes unter der Wiederholung und dem Bedürfnis sich wesentlich vervollkommen, und sie vervollkommneten sich auch noch etwas weiter, wenn ich den Affen lange (bis 11 Monate nach der Operation)¹⁾ leben liess oder durch die Exstirpation der gleichseitigen Armregion der Fühlsphäre auf den anästhetischen Arm allein beschränkte; doch zur Feinheit und Geschicktheit der Bewegungen des ungeschädigten Armes, zum Abgemessenen der Bewegungen in Kraft und Umfang, kam es nicht. Von Anfang bis zu Ende blieb es dabei, dass der anästhetische Arm stürmischer, gewaltsamer und plumper agierte. Besonders auffällig war es, wo der Affe vor einer etwas schwierigeren Aufgabe stand, z. B. das Mohrrübenstück dicht hinter dem Gitterstabe zu fassen hatte. Aber auch wo es bloss das vorgehaltene oder vorgelegte Mohrrübenstück zu nehmen galt, behielten das Vorstrecken des Armes, das Pronieren und Schliessen der Hand, die Bewegungen der Finger beim anästhetischen Arme etwas Brüskes, Uebermässiges und Ungeschicktes bei. Anderer-

1) Um die Zeit finden die Versuche ein erzwungenes Ende. Indem durch den operativen Eingriff die Wirbelbögen und die Insertion der Rückenstrecker an diesen verloren gehen, entsteht regelmässig eine kyphotische Verkrümmung der oberen Rückenwirbelsäule, mit der Spitze des Gibbus am 5. Rückenwirbel. Diese Kyphose nimmt mit der Zeit zu und bringt an der Spitze des Gibbus eine Dehnung und Abplattung des Rückenmarks mit sich, die zunächst lange ohne Funktionsstörungen bleibt, aber im 9.—11. Monat, da die abgeplattete Rückenmarkspartie atrophiert, bis zu völliger Lähmung der Hinterextremitäten führt.

seits wiederum blieben z. B. beim Krauen die Hand- und Fingerbewegungen des anästhetischen Armes oft sichtlich hinter denen des ungeschädigten Armes an Stärke und Grösse zurück.

4.

Wenden wir uns nunmehr den Gemeinschaftsbewegungen des anästhetischen Armes zu, so war an unseren Affen als in die Augen springende Abnormität zu beobachten, was die HH. Mott und Sherrington gefunden hatten, dass der Affe beim Herumlaufen und Klettern den anästhetischen Arm nicht benutzte. Unter Umständen liess es sich auch bestätigen, dass der Arm wie in einer Binde getragen schwang; aber die Regel war es nicht, und darauf muss ich näher eingehen.

Unser Affe hatte beim ruhigen Sitzen nicht die normale Haltung: er sass immer vornübergebeugt, mit abnorm nach unten gekrümmter Hals- und oberster Rücken-Wirbelsäule, und gewöhnlich mit dem ungeschädigten Arme auf den Boden oder die Stange oder den Gitterstab gestützt; der anästhetische Arm hing dann schlaff vertikal herab, den Vorderarm und die Finger nur wenig gebeugt, die Hand in der Luft oder lose mit dem Dorsum dem Boden aufliegend. In dieser Stellung verblieb unverändert der anästhetische Arm, wenn der Affe mittels der drei ungeschädigten Extremitäten ging oder langsam kletterte; und in derselben Stellung wurde er ganz passiv auch dann mitgeführt, wenn der Affe vorher beim Sitzen den anästhetischen Arm fest auf den Boden aufgesetzt hatte, wie wir es einige Zeit nach der Operation vorkommen sahen (s. oben S. 259). Eine aktive Bewegung des anästhetischen Armes trat erst auf, wenn der Affe lief oder rasch kletterte. Alsdann wurde regelmässig, wenn die Bewegung des Affen anhub, der Oberarm nach hinten geführt und ferner der Vorderarm gebeugt, manchmal nur wenig, manchmal so weit, dass die Hand vor der Brust sich befand; und in der neu gewonnenen Stellung, nur etwas hin und her schwankend, verharrte in der Folge der Arm, solange der Affe in Bewegung blieb. Das beschränkte Hinundherschwanken schien manchmal nichts anderes als ein passives Schwingen zu sein; anderemal liess sich eine periodische Aktivität erkennen, indem mit jedem Vorgehen des Oberarms eine Abnahme, mit jedem Zurückgehen eine Zunahme der Beugung des Vorderarms zusammenfiel. Lief oder kletterte der Affe in Angst sehr rasch, so machten zuweilen Oberarm, Vorderarm und Hand des anästhetischen Armes rechtzeitig die Lauf- und Kletterbewegungen mit, doch blieben die jetzt umfangreichen Bewegungen des Armes immer noch unvollkommen und unzureichend. Denn die anästhetische Hand kam beim Laufen gar nicht an den Boden, beim Klettern nicht an die Gitterstäbe

heran, oder sie berührte höchstens im ersteren Falle den Boden mit den Fingern und schlug im letzteren Falle flach mit gestreckten Fingern gegen die Stäbe; äusserst selten sah ich einen Stab zwischen den 2. und 3. oder den 3. und 4. Finger geraten und die Finger sich ein wenig beugen, doch blieb auch hier die Hand offen und umfasste den Stab nicht. Sonst geschah es bei diesem raschesten Laufen und Klettern, dass sogleich zu Beginn oder bald danach der anästhetische Arm sich so kräftig hob, dass die flach ausgestreckte Hand zur Seite des Kinns oder gar des Scheitels zu liegen kam, und der Arm dann in der Stellung verblieb, bis er, nachdem der Affe zum Stillstand gekommen war, langsam herabsank.

Entsprechende Beobachtungen waren zu machen, wenn der Affe vom Boden auf die Stange oder das Gitter sprang. Der ungeschädigte Arm wurde immer gehoben, beim Springen auf die Stange meist flüchtig auf diese aufgesetzt, und dann immer vorgestreckt, so dass zu Ende des Sprunges die Hand einen Gitterstab umfasste. Der anästhetische Arm blieb ganz unbewegt, wenn das Springen langsam geschah, nur gelegentlich unter den anderen Bewegungen des Affen ohne besonderen äusseren Anlass erfolgte; er wurde etwas gehoben, weniger oder mehr, wenn der Affe eifriger sprang, z. B. weil man ihm Mohrrübe vor dem Gitter vorhielt; und er wurde sehr hoch gehoben, so dass die Hand in Kinn- oder Scheitelhöhe kam, wenn der Affe in Angst vor der Bedrohung stürmisch sprang. Zu einer weiteren Bewegung, zu einem Vorstrecken des anästhetischen Armes kam es selbst in den letzteren Fällen nicht, vielmehr sank der Arm, nicht lange nachdem der Sprung vollendet war, aus der angegebenen Stellung langsam herab. Im Falle der Bedrohung ereignete es sich auch, dass der Affe sich bloss hinter der Stange hoch aufstellte. Dann wurde die ungeschädigte Hand bis zur Stange gehoben und dieser fest angelegt, die geschädigte Hand aber höher in Augen- oder Scheitelhöhe gehoben; und nach kurzem Verweilen in dieser Stellung sank die anästhetische Hand langsam herab, wobei sie bloss zufällig einmal auf die Stange geriet und dann lose auf der Stange liegen blieb.

Beim heftigen Strampeln des Affen, wenn man ihn eben ergriffen hatte oder wenn er sich sonst von der ihn haltenden Hand oder Kette zu befreien suchte, konnten sämtliche Glieder des anästhetischen Armes mit in Bewegung kommen; und ich habe dabei nicht bloss oft Beugungen der Finger gesehen, sondern auch einen Unterschied in der Häufigkeit zwischen Beugungen und Streckungen der Finger nicht bemerkt.

Zu allen Zeiten, ob früh oder spät nach der Operation, bot sich dasselbe Verhalten der Gemeinschaftsbewegungen, wie geschildert, dar.

5.

Nach diesen Erfahrungen stellt sich die Schädigung der Motilität der Extremität, welche der völlige Verlust der Sensibilität der Extremität herbeiführt, grundverschieden von derjenigen Störung dar, welche der Verlust der zugehörigen Extremitätenregion der Fühlsphäre mit sich bringt. Denn die willkürlichen isolierten Bewegungen der Extremität, die hier untergegangen sind, zeigen sich dort erhalten und nur von Störungen betroffen; und die willkürlichen Gemeinschaftsbewegungen der Extremität beim Gehen, Laufen, Springen usw., die sich hier erhalten finden und nur ihre feinere Regulierung vermissen lassen, fehlen dort gänzlich oder kommen nur so unvollkommen zustande, dass sie immer nutzlos bleiben. Doch gerade auf grund meiner Untersuchungen über die Fühlsphäre kann noch ein Bedenken sich erheben, das Berücksichtigung verlangt.

Wie ich gezeigt habe¹⁾, sind die willkürlichen Gemeinschaftsbewegungen der Extremität, die an den Tieren nach der Totalexstirpation der zugehörigen Extremitätenregion zu beobachten sind, von zweierlei Art. Die einen waren schon vorher am unversehrten Tiere vorhanden und sind bis auf ihre feinere Regulierung erhalten geblieben: sie gehören zu den Prinzipalbewegungen des Gehens, Laufens, Kletterns, Springens usw., die auf die Weise zustandekommen, dass von dieser oder jener Partie der Grosshirnrinde aus die im Hirn unterhalb der Grosshirnrinde gelegenen Prinzipalzentren erregt werden und diese ihrerseits die Markzentren der Extremitäten in Erregung versetzen, wodurch die Muskelbewegungen herbeigeführt werden. Die anderen treten erst nach der Exstirpation neu auf, als sekundäre Bewegungen mit den primären Bewegungen anderer Körperteile verbunden: dadurch herbeigeführt, dass von der Hirnrinde eine ungeschädigte Extremität oder auch der Hals, der Rumpf durch die Erregung von deren Markzentren in Bewegung gesetzt wird und von den Markzentren dieses Körperteiles die Erregung übergeht auf die Markzentren der geschädigten Extremität. Man sieht die sekundären Bewegungen am häufigsten, wenn die Tiere strampeln und dabei nicht lediglich in abnormer Stellung — z. B. auf dem Operationstisch befestigt oder hoch über dem Boden gehalten — Prinzipalbewegungen machen, ferner wenn die ungeschädigte Vorderextremität am Greifen der Nahrung verhindert ist oder wenn diese Extremität oder der Mund nicht für sich allein das umfangreiche Nahrungstück passend festzuhalten vermag. Auch ist eine sekundäre Bewegung beim Hunde das Pfotegeben mit dem geschädigten Vorderbein, beim

1) S. oben 56 ff., 89 ff., 114 ff.

Affen das Vorstrecken des geschädigten Armes, wenn der Affe sich aufgestellt hat und mit dem ungeschädigten Arme nach der vorgehaltenen Nahrung greift. Die sekundären Bewegungen sind anfangs sehr unvollkommen und meist auf die oberen Glieder der Extremität beschränkt, aber sie vervollkommen sich regelmässig mit ihrer Wiederkehr, bis sie nur noch Unvollkommenheiten und Ungeschicktheiten an den unteren Gliedern darbieten. Und auch in der Richtung kann bei häufiger Wiederholung die Ausbildung mancher sekundären Bewegungen erfolgen, dass die primären Bewegungen, vom Tiere allmählich unterdrückt, immer schwächer werden bis unmerklich; so dass schliesslich die sekundären Bewegungen gar nicht mehr als Mitbewegungen, sondern als selbständige Bewegungen sich darstellen und, hat man nicht ihre Ausbildung verfolgt, für Reste der normalen isolierten willkürlichen Bewegungen gehalten werden können¹⁾.

An solche sekundären Bewegungen könnte man bei den erstgeschilderten Bewegungen des anästhetischen Armes denken wollen. Man sieht gelegentlich an unseren Affen, dass, wenn der anästhetische Arm mit dem in die Hohlhand gelegten Mohrrübenstück sich hebt, zugleich der Kopf sich senkt, so dass der Mund auf halbem Wege der Hand

1) So ist meine Ermittlung, dass durch die Exstirpation der Extremitätenregion zwar nicht die willkürlichen Gemeinschaftsbewegungen, wohl aber die willkürlichen isolierten Bewegungen der gegenseitigen Extremität untergehen, hartnäckig von Goltz bekämpft worden auf grund der von ihm längere Zeit nach der Exstirpation beobachteten „Handlungen“ der geschädigten Extremität, deren Ausbildung er nicht berücksichtigte, und die ich (oben V) als sekundäre Bewegungen nachwies. Der Kampf hat mit Goltz' letzter Mitteilung (Pflügers Arch. 76. 1899) sein sachlich befriedigendes Ende gefunden, da dort Goltz das Hervorscharren von Fleisch mit der durch die Exstirpation der linken Hemisphäre geschädigten rechten Vorderpfote — das er als Typus jener „Handlungen“ nimmt — von der gleichseitigen, der rechten Hemisphäre herbeigeführt sein lässt mittels Bahnen, die von ihr zu den rechtsseitigen Extremitäten gehen und durch Uebung gangbarer gemacht werden, — was mit meiner Angabe, dass eine sekundäre Bewegung vorliegt, im wesentlichen übereinkommt. Wenn nebenbei die Goltzsche Darlegung den Anschein zu erwecken geeignet ist, als sei der lange harte Kampf pro nihilo geführt worden, als habe ihm nichts weiter als gegenseitiges Missverstehen zugrunde gelegen, so werden, glaube ich, schon ein paar Worte, auf die ich mich hier beschränken muss, genügend zeigen, dass dem nicht so war. Goltz bestritt die „Zentren“ der Grosshirnrinde und so auch das „motorische Zentrum“ der Extremität in der gegenseitigen Extremitätenregion. Wenn nun das Tier die Fähigkeit, gewisse Bewegungen mit der Extremität zu machen, durch die Exstirpation der gegenseitigen Extremitätenregion verlor und später durch Abrichtung und Uebung wiedergewann, so war damit, dass die Wiederkehr der Fähigkeit als auf der Leistung der anderen, der gleichseitigen Hemisphäre beruhend sich ergab, dargetan, dass die ursprünglichen Bewegungen der Extremität von der gegenseitigen Extremitätenregion abhängig waren, diese Region also als das normale „motorische Zentrum“ der Extremität erwiesen.

entgegenkommt; oder dass, während der anästhetische Arm das Mohrrübenstück zum feststehenden Kopfe bringt, der ungeschädigte Arm gleichfalls sich hebt und seine Hand unter die andere führt, wie um diese zu stützen oder das Herabfallen des Mohrrübenstückes zu verhüten; oder dass beim Vorgehen des anästhetischen Armes, um das Mohrrübenstück zu greifen, zugleich der Oberkörper des Affen sich nach vorn bewegt; und dergl. mehr. In alledem, könnte man meinen, wären Vorstufen gegeben für das zum Munde Führen, das Greifen usw., wie ich sie beschrieb, und letztere Bewegungen wären deshalb als sekundäre Bewegungen anzusprechen, um so mehr, als sie auch nicht alsbald nach der Durchschneidung der Nervenwurzeln, sondern erst später zu beobachten waren und mit der Wiederholung sich vervollkommneten. Von den isolierten willkürlichen Bewegungen, deren der Arm in der Norm fähig ist, bliebe also wohl eine Anzahl vom Verluste der Sensibilität unbeeinflusst, aber andere und bedeutsame gingen verloren, und erst als sekundäre Bewegungen bildeten sich aus Gemeinschaftsbewegungen das zum Munde Führen, das Greifen usw. wieder aus.

Dem ist jedoch sogleich entgegenzuhalten, was mich die in Rede stehenden Bewegungen des anästhetischen Armes als isolierte willkürliche beschreiben liess, dass in vielen Fällen bei ihrem ersten Auftreten der übrige Körper des Affen in völliger Ruhe war und, wenn jene gleichzeitigen Bewegungen eines anderen Körperteiles sich einstellten, es erst später und nur unter besonderen Umständen geschah, z. B. wenn der Affe höchst gierig nach der Nahrung war oder vorher ein Mohrrübenstück aus der an den Mund gehenden Hand verloren hatte. Ferner widerspricht, dass der anästhetische Arm schon so früh nach der Operation die in die Hohlhand gelegte Nahrung zum Munde führte und nach der angebotenen Nahrung griff. Denn nach der Totalexstirpation der Armregion kann es Monate dauern und vergehen mindestens mehrere Wochen, ehe der geschädigte Arm zu solchen Bewegungen gelangt, treten also diese sekundären Bewegungen, auch wenn man 1—2 Wochen als die Zeit, während der infolge der Verwundung und Heilung die niedereren Zentren gehemmt oder in ihrer Erregbarkeit herabgesetzt waren, in Abzug bringt, erheblich später auf. Von dem grossen und durchgreifenden Unterschiede, der da besteht, erhält man einen überaus klärenden Eindruck, wenn man zwei Affen neben einander beobachtet und in gleicher Weise prüft, von denen dem einen die sensiblen Nervenwurzeln des Armes durchschnitten wurden, dem anderen um 14 Tage früher die Armregion exstirpiert worden ist. Aber dabei brauchen wir nicht einmal stehen zu bleiben, da sich auch unmittelbare experimentelle Widerlegungen gewinnen lassen. Während nämlich die sekundären Bewegungen des Armes, die nach der Totalexstirpation der gegenseitigen

Extremitätenregion aufgetreten sind, wieder verloren gehen, sobald man die gleichseitige Extremitätenregion exstirpiert, werden das zum Munde Führen und das Greifen des anästhetischen Armes, wie auch alle seine anderen isolierten Bewegungen, die wir kennen lernten, durch die Exstirpation der diesem Arme gleichseitigen Extremitätenregion in keiner Weise beeinträchtigt, so dass sie sich nach der Exstirpation ungestört fortsetzen. Dagegen gehen eben diese Bewegungen des anästhetischen Armes alle ohne Ausnahme verloren, wenn man die diesem Arme gegenseitige Extremitätenregion exstirpiert: der schlagendste Beweis, dass diese Bewegungen von der Extremitätenregion der Gegenseite herbeigeführt und durchweg die Fortsetzung der isolierten willkürlichen Bewegungen des unversehrten Tieres waren.

Mithin ist es, entgegen den Angaben der HH. Mott und Sherrington, ausgemacht, dass durch den völligen Sensibilitätsverlust des Armes weder das Heben der Hand zum Munde und das Greifen untergehen, noch auch die kleineren isolierten Bewegungen von Hand und Fingern vernichtet sind. Es ist so, wie wir es von vorneherein nach unserer Kenntnis von der Fühlsphäre übersahen, dass der Affe, wenn der Arm aller Sensibilität beraubt wird, befähigt bleibt, die isolierten willkürlichen Bewegungen des Armes herbeizuführen, und lediglich Mängel an den Bewegungen sich einstellen. Gewisse Bewegungen, wie Greifen und Krauen, sind erschwert und unvollkommen; und wenn sie sich auch mit der Zeit vervollkommen, so bleiben sie doch weniger zart und geschickt, als die des ungeschädigten Armes. Nicht einmal von einem vorübergehenden Verluste isolierter willkürlicher Bewegungen des Armes lässt sich bei unserem Affen sprechen. Denn wir sahen den Affen trotz der üblen Verfassung, in die ihn die eingreifende Operation versetzt hatte, schon in den ersten Tagen alle möglichen isolierten Bewegungen der einzelnen Glieder des Armes ausführen, wie auch die Hand zum Munde emporheben, um hineinzubeissen, ferner schon am nächsten Tage nach der Operation das in die Hohlhand gelegte Mohrrübenstück zum Munde führen und bald darauf auch das vorgehaltene Mohrrübenstück greifen. Wir sahen den Affen sogar stets bald nach der Operation, sobald nur die Narkose sich verloren hatte, Greifbewegungen nach dem Mohrrübenstück machen. Wenn die Greifbewegungen dann in einigen Fällen sich regelmässig fortsetzten und vervollkommneten, in den anderen Fällen aber für einige Zeit ausblieben, so konnte die letztere Unterbrechung natürlich nicht daran liegen, dass der Affe nicht die Greifbewegungen machen konnte, sondern nur daran, dass er sie nicht mehr machen wollte, weil seine ersten Greifbewegungen infolge ihrer Unvollkommenheit nutzlos gewesen waren, indem sie ihn das Mohrrübenstück nicht erreichen liessen. Beobachteten wir es ja auch in der späteren Zeit, dass die

wieder aufgenommenen Greifbewegungen eingestellt wurden, sobald sie wiederholt ohne Erfolg geblieben waren, während sie sich ununterbrochen fortsetzten, wenn wir in die vorgestreckte Hand Mohrrübenstücke legten und so dafür sorgten, dass der Affe durch die Greifbewegungen die Nahrung gewann. Ich kann noch hinzufügen, was in der gleichen Richtung überzeugend wirkt, dass, wenn ich mit meinem Füttern so vorging, wie ich es oben beschrieb, dass ich den Affen zuerst in die Hohlhand gelegte Mohrrübenstücke zum Munde heben liess, viel eher die Greifbewegungen wiederkehrten, als wenn ich den Affen unmittelbar ohne jene Vorbereitung, ohne dass er schon Mohrrübenstücke mit dem anästhetischen Arme erworben hatte, zum Greifen zu veranlassen suchte.

Es ist darnach auch nicht zutreffend, was die HH. Mott und Sherrington ihre Versuche anzeigen liessen, dass nicht bloss die Rinde, sondern die ganze sensorische Bahn von der Peripherie zur Rinde in Tätigkeit ist während der willkürlichen Bewegung, dass zentripetale Impulse von Haut und Muskeln, besonders von der Haut des Handtellers und der Fusssohle, für die Ausführung willkürlicher Bewegungen der Extremität notwendig sind. Wir sehen hier wiederkehren, was bei der Behandlung der Frage nach dem Einflusse der Sensibilität auf die Motilität schon so oft in den verschiedensten Formen zum Ausdruck gelangt ist, dass der Verlust der Empfindung die willkürliche Bewegung aufheben, ohne Empfindung keine willkürliche Bewegung möglich sein soll. Ist das aber auch anzunehmen, wo es sich um das ganze Tier mit aller seiner Empfindung und willkürlichen Bewegung handelt, so ist es doch nicht richtig, bezogen auf die Körperteile des Tieres. Die HH. Mott und Sherrington stützen sich darauf, dass bei ihren Versuchen durch Reizung der Rinde Bewegungen wie in der Norm herbeigeführt wurden und doch das Tier die „feineren willkürlichen Bewegungen“ nicht machen konnte¹⁾. Sie bezeichnen bei der Gelegenheit die „feineren Bewegungen“ nicht näher, aber wir erinnern uns, dass sie sehr viele willkürliche Bewegungen für die Dauer fehlen sahen, die Bewegungen der unteren Glieder und auch viele Bewegungen der oberen Glieder der Extremität, da die Affen gar keinen Versuch machten, die angebotene Frucht zu greifen oder die in die Hand gelegte Frucht zum Munde zu heben.

1) Vergl. auch Mott, Vier Vorlesungen aus der allgemeinen Pathologie des Nervensystems. Uebersetzt von Wallach. Wiesbaden 1902. 27: „die Extremität des Tieres war nicht nur gefühllos geworden, sondern sie war auch unfähig, die feineren willkürlichen Bewegungen auszuführen; gleichwohl löste die Reizung der Gehirnrinde in geeigneten Regionen jede Bewegung aus, ein Beweis, dass die zentrifugale Bahn für die Willkürbewegung noch gangbar war, das Tier jedoch die Vorstellung der Bewegung nicht zu bilden vermochte“.

Dadurch sind die HH. Mott und Sherrington weit über das hinaus geführt worden, was der Wirklichkeit entspricht. Bei unseren Affen war die bleibende Folge des Eingriffs nicht, dass sie nicht willkürliche Bewegungen machen konnten, sondern lediglich, dass sie gewisse willkürliche Bewegungen nur schwerer und weniger zweckmässig und geschickt machten, als in der Norm. Und insofern eine Reihe von Ungeschicktheiten, wie dass die Affen mit Hand und Fingern des anästhetischen Armes nicht so zierlich das Objekt fassten, nicht so hübsch die Nahrung in den Mund schoben, nicht so gut krauten usw., wie mit Hand und Fingern des normalen Armes, sich davon ableiten lässt, dass die zentripetalen Bahnen, welche von Hand und Fingern, ihrer Haut, ihren Muskeln, ihren Gelenken, zur Rinde ziehen, unterbrochen waren und die Affen daher die Objekte nicht fühlen und darnach die Bewegungen einrichten konnten, ist zu sagen, dass die eben genannten sensorischen Bahnen bei der zweckmässigen Anpassung oder Regulierung der willkürlichen Hand- und Fingerbewegungen in Tätigkeit, für diese Regulierung notwendig sind. Im übrigen aber, wo und soweit es sich bei den willkürlichen Bewegungen nicht um solche Anpassung oder Regulierung handelt, sind nach unseren Erfahrungen zentripetale Bahnen nicht während der willkürlichen Bewegung in Tätigkeit oder in Anspruch genommen, nicht für die Ausführung willkürlicher Bewegungen notwendig, da die Bewegungen auch dann zustandekommen, wenn die zentripetalen Bahnen unterbrochen sind.

Was sich eben bezüglich der Regulierung ergab, entspricht ganz dem, was wir früher bei den willkürlichen Gemeinschaftsbewegungen des Armes nach dem Verluste seiner Extremitätenregion gefunden hatten. Dort waren die Geh-, Lauf-, Kletterbewegungen usw. des Armes im grossen und ganzen oder im groben erhalten, weil sie soweit nicht von einer einzelnen Partie der Grosshirnrinde abhängig sind; aber ihre von der Extremitätenregion abhängige Vervollkommenung oder Verfeinerung, besonders an den unteren Gliedern, ihre Anpassung an Form, Härte, Glätte des Bodens oder des Gitters war für die Dauer fortgefallen, so dass Hand und Finger unter Umständen nicht richtig bewegt wurden, scharrten oder abglitten, schlecht aufgesetzt oder umgelegt wurden und dergl. mehr. Die Anpassung oder Regulierung blieb aus, weil mit der Extremitätenregion das zentrale Ende der von Hand und Fingern zur Rinde ziehenden sensiblen Bahnen und der zentrale Anfang der von der Rinde zu Hand- und Fingermuskeln ziehenden motorischen Bahnen vernichtet waren. Natürlich aber musste eine solche Regulierung auch schon dann verloren sein, wenn bloss die einen der bezeichneten Bahnen irgendwo unterbrochen waren, daher in unserem Falle des anästhetischen Armes sowohl bei den willkürlichen Gemeinschaftsbewegungen des

Gehens, Laufens usw., als auch bei denjenigen willkürlichen isolierten Bewegungen, die in der Norm der Regulierung unterliegen. Bei den letzteren ist uns das Fehlen der Regulierung auffällig entgegengetreten; bei den ersteren gibt es sich eben noch zu erkennen, wo bei sehr raschem Laufen und Klettern die Finger den Boden oder die Stäbe berühren, sonst ist es überall durch die erheblicheren anderen Störungen, die dort bestehen, der Beobachtung entzogen.

Denn schliesslich stehen unsere Erfahrungen auch zu der Mott-Sherringtonschen Angabe, dass durch den Sensibilitätsverlust der Extremität deren assoziierte Bewegungen (Mitbewegungen) verhältnismässig wenig, dagegen die unabhängigen und feiner adjustierten Bewegungen äusserst schwer geschädigt sind, dermassen im Widerspruch, dass man das Umgekehrte zu behaupten versucht sein könnte. Anscheinend war das Interesse der HH. Mott und Sherrington durch ihre Ergebnisse bezüglich der isolierten Bewegungen so sehr gefesselt, dass sie die hochgradige Schädigung, von der sie die groben Geh-, Lauf- und Kletterbewegungen des anästhetischen Armes betroffen fanden, wenig beachteten. Die Schädigung dieser Bewegungen geht aber, wie wir sahen, nicht nur so weit, dass man die Bewegungen verloren oder so gut wie verloren glauben müsste, stellten sie sich nicht doch noch zuweilen beim raschesten Laufen und Klettern ein, sondern dauert auch zeitlebens unverändert an. Gerade in dieser Schädigung gibt sich uns das eine Charakteristische der Bewegungsstörungen infolge des völligen Sensibilitätsverlustes der Extremität zu erkennen; das andere Charakteristische finden wir in den Unvollkommenheiten, die an den isolierten willkürlichen Bewegungen der Extremität ausser dem Fehlen der Regulierung auftreten. Und damit liegt die Frage vor uns, wie es durch den Sensibilitätsverlust der Extremität zu diesen charakteristischen Bewegungsstörungen kommt.

6.

Wir fanden die Schädigung der Motilität der Extremität infolge des Sensibilitätsverlustes der Extremität grundverschieden von der Schädigung infolge des Verlustes der zugehörigen Extremitätenregion: und doch ist an dem, was die HH. Mott und Sherrington sagen, dass die erstere Schädigung mit der Zunahme des Motilitätsdefektes von der befestigten Basis zur freien Spitze der Extremität hin merkwürdig streng die Schädigung nachahme, „die der Abtragung der Extremitätenregion folgt“, etwas Richtiges, wenn man sich genau an den Wortlaut hält. Denn was man zunächst der Abtragung folgen sieht, das sind nicht die Folgen des Verlustes oder Unterganges der Extremitätenregion, sondern die Folgen

ihrer Verwundung und Heilung; und da fehlt bei den Prinzipalbewegungen des Gehens, Laufens usw. anfangs jede aktive Tätigkeit der betroffenen Extremität, dann wird zuerst ausschliesslich das oberste Glied tätig, und weiter kommt mit der Zeit der Reihe nach, von oben nach unten fortschreitend, die Tätigkeit der unteren Glieder hinzu. Ein derartiges Minder- oder Mehrbeteiligtsein der Glieder sieht man nun, nach meinen Beobachtungen sogar noch mehr als nach den Mott-Sherringtonschen, unter den Folgen des Sensibilitätsverlustes bei den isolierten wie bei den Prinzipalbewegungen der betroffenen Extremität wiederkehren. Aber es handelt sich, wie sogleich genaueres Zusehen lehrt, nicht um eine weitreichende oder tiefgehende Ähnlichkeit. Denn ganz abgesehen davon, dass nach der Abtragung der Extremitätenregion die isolierten Bewegungen überhaupt fehlen, ist im Falle des Sensibilitätsverlustes, ob weniger oder mehr Glieder der geschädigten Extremität an den Prinzipalbewegungen teilnehmen, gar nicht von der Zeit nach der Operation abhängig, und treten in demselben Falle isolierte Bewegungen der unteren Glieder der Extremität für sich allein schon lange vorher auf, ehe diese Glieder bei isolierten Bewegungen der ganzen Extremität zusammen mit den oberen Gliedern tätig werden. An einen inneren Zusammenhang zwischen den Folgen der Wundheilung der Extremitätenregion und den Folgen des Sensibilitätsverlustes der Extremität, einen Zusammenhang, der die einen auf die anderen zurückzuführen gestattete, ist deshalb nicht zu denken. Immerhin ist die Ähnlichkeit im Falle der Prinzipalbewegungen für uns von Wert, da sie unseren zeitigen Bestrebungen zu Hülfe kommt.

Wie wir uns schon oben zu erinnern hatten, kommen die Prinzipalbewegungen auf die Weise zustande, dass von dieser oder jener Partie der Grosshirnrinde aus die im Hirn unterhalb der Grosshirnrinde gelegenen Prinzipalzentren erregt werden und ihrerseits die Markzentren der Extremitäten in Erregung versetzen. Aber die Prinzipalzentren sind, wie meine früheren Untersuchungen weiter ergeben haben¹⁾, eben nur mit den Markzentren (oder Reflexzentren) im ganzen verknüpft und nicht mit allen einzelnen Muskelzentren, aus denen diese für die geordneten Bewegungen des Körperteiles vorgebildeten Einrichtungen zusammengesetzt sind. Wie die sensiblen Fasern der Extremität im Rückenmark — sei es mit, sei es ohne Einschaltung sensibler Zellen — zu den Markzentren derselben Extremität, ebenso stehen die Prinzipalzentren zu den Markzentren in der Beziehung, dass sie unmittelbar bloss mit den Muskelzentren des obersten Gliedes der Extremität verbunden sind und erst mittelbar durch diese Muskelzentren mit den Muskelzentren der unteren

1) S. oben 63—4, 70—2, 117, 131 Anm. 2.

Glieder, indem in dem Markzentrum die Muskelzentren der verschiedenen Glieder der Extremität in derselben Reihenfolge, wie die Glieder sich an einander schliessen, mit einander durch Leitungsbahnen in Verbindung stehen. Es ist dadurch veranlasst, dass bei den Prinzipalbewegungen, wie bei den gemeinen Reflexbewegungen¹⁾, jedes vom Rumpfe entferntere Glied der Extremität nur im Anschluss an die Tätigkeit der dem Rumpfe näheren Glieder tätig werden kann und es einer desto grösseren Erregung des Markzentrums bedarf, je weiter die Bewegung vom obersten Gliede aus über die folgenden Glieder der Extremität sich verbreiten soll. Daraus erklärt sich das Verhalten, das die Extremität während der ersten Zeit nach der Exstirpation der zugehörigen Extremitätenregion bei den Prinzipalbewegungen zeigt. Von der Hirnwunde geht eine Einwirkung auf die von ihr zu den Muskelzentren aller Glieder der Extremität führenden Bahnen aus, welche die Erregbarkeit dieser Muskelzentren herabsetzt und, anfangs von beträchtlicher Grösse, allmählich bis zum Verschwinden abnimmt. Daher nimmt die betroffene Extremität an den Prinzipalbewegungen zunächst gar nicht, dann nur mit dem obersten Gliede und erst mit der Zeit folgeweise mit den unteren Gliedern teil; und daher treten, abgesehen von den nächsten 1—2 Tagen nach der Exstirpation, solange die Einwirkung der Hirnwunde dauert, die Glieder der betroffenen Extremität in desto grösserer Anzahl vom obersten Gliede an bei der Prinzipalbewegung in Tätigkeit, je rascher und heftiger die Prinzipalbewegung erfolgt, je grösser die Erregung des Prinzipalzentrums ist.

Dementsprechend haben wir, wenn im Falle des Sensibilitätsverlustes der Extremität diese gar nicht an den Prinzipalbewegungen sich beteiligt, es einer Herabsetzung zuzuschreiben, welche die Erregbarkeit der Markzentren der Extremität durch die Durchschneidung der sensiblen Wurzeln erfährt. Wir haben es aber in unserem Falle mit einer Herabsetzung zu tun, die unverändert in ihrer Grösse bestehen bleibt, weil das Verhalten der Extremität bei den Prinzipalbewegungen zu allen Zeiten nach jener Durchschneidung dasselbe ist. Schon deshalb ist, ohne dass wir andere Gründe heranzuziehen brauchen, eine die Erregbarkeit herabsetzende Einwirkung der Art, wie sie von der Hirnwunde bei ihrer Verheilung ausgeht, von der Schnittwunde der sensiblen Wurzeln nicht anzunehmen, die Herabsetzung hier vielmehr darauf zurückzuführen, dass durch die Durchschneidung der sensiblen Wurzeln ein Moment fortfällt, das vorher die Erregbarkeit der Markzentren auf der

1) „Gemeine Reflexbewegungen“ oder „Gemeinreflexe“ habe ich diejenigen Reflexbewegungen genannt, die ohne das Grosshirn unter Vermittelung niederer Zentralorgane zustandekommen, im Gegensatz zu den „Rindenreflexen“, deren Reflexzentren in der Grosshirnrinde gelegen sind.

grösseren Höhe hielt. Und dafür ist sogleich an die Erregungen zu denken, die am unversehrten Tiere allüberallher von der Peripherie durch die sensiblen Bahnen dem Zentralnervensystem zugeführt werden. Fliessen solche Erregungen in der Norm beständig von seiten der Extremität den Markzentren der Extremität zu, so übersehen wir, wie es durch den Sensibilitätsverlust der Extremität zu den charakteristischen Bewegungsstörungen der Extremität bei den Prinzipalbewegungen kommt. Denn die Ausschaltung jener Erregungen muss zur Folge haben, dass die anästhetische Extremität, solange die Erregung der Prinzipalzentren unter einer gewissen Grösse bleibt, gar nicht an den Prinzipalbewegungen teilnimmt und dann mit wachsender Erregung der Prinzipalzentren zwar in einer immer grösseren Anzahl ihrer Glieder vom obersten Gliede an und in immer grösserer Stärke tätig wird, jedoch stets mit ihren Bewegungen gegen die der ungeschädigten Extremität zurückbleibt: und das war es, was wir beobachteten.

Dann ist uns aber auch der Schlüssel zugefallen, der uns das Verständnis bezüglich der charakteristischen Störungen der isolierten willkürlichen Bewegungen eröffnet. Am unversehrten Tiere kommen dieselben Bewegungen der Extremität, die bei den Prinzipalbewegungen in Gemeinschaft mit Bewegungen anderer Körperteile durch die Prinzipalzentren herbeigeführt werden, auch als isolierte willkürliche Bewegungen der Extremität zustande, indem dieselben Markzentren der Extremität von der zugehörigen Extremitätenregion mittels der Bahnen, die von ihr unmittelbar zu den Markzentren gehen, erregt werden. An diesen isolierten Bewegungen sind daher dieselben Störungen zu erwarten, wie sie jene Gemeinschaftsbewegungen zeigen. Und solche Störungen lassen sich überhaupt für alle isolierten willkürlichen Bewegungen der Extremität, bei denen die Glieder der Extremität geordnet zusammenwirken, voraussehen, soweit die nämlichen Bewegungen der Extremität auch als gemeine Reflexbewegungen auftreten und damit die Existenz besonderer Markzentren für die Bewegungen dargetan ist. Ganz der Voraussicht entsprechen aber unsere Beobachtungen am anästhetischen Arme. Man sieht die Störungen schön bei den Abwehr-, Stoss-, Stütz- und Wischbewegungen, und man kann sie besonders genau verfolgen bei der Greifbewegung, insofern ihr die Stossbewegung zugrundeliegt. Weil es für die Herbeiführung der Greifbewegung infolge der Herabsetzung, welche die Erregbarkeit des Markzentrums erfuhr, einer abnorm starken Innervation der motorischen zentralen Elemente der Extremitätenregion bedarf, bleibt die Bewegung ganz aus, wo nicht ein besonderer Anlass, gerade mit dem anästhetischen Arme zu greifen, vorliegt. Stellt sich die Bewegung ein, so unterliegt sie unter der Steigerung jener Innervation der allmählichen Ausbildung durch die von oben nach unten fortschreitende

Teilnahme der Glieder und wird dabei in dem Masse, wie zur Vorbewegung des Oberarms die Streckung von Vorderarm, Hand und Fingern hinzutritt, durch die übermässig starke Tätigkeit der Muskeln der oberen Glieder abnorm heftig und stürmisch. Sie kann wohl in der Folge von der Heftigkeit, die sie die ersten Male, da alle Glieder sich beteiligten, zeigte, unter der Wiederholung etwas einbüssen, weil die eben erforderliche Grösse der Innervation in der Extremitätenregion besser getroffen wird, aber immer bleibt sie für die Dauer wesentlich brüsker als normal.

Und auch die anderen, die feineren Störungen, die bei den isolierten willkürlichen Bewegungen zur Beobachtung kommen, klären sich auf. Halten wir uns wieder an die Greifbewegung, die am besten als Beispiel dient, so fehlen am anästhetischen Arme, wenn dieser schon unter Streckung aller Glieder vorgeführt wird, noch die zweckmässigen Modifikationen dieser Grundbewegung, die zur normalen Greifbewegung gehören: die isolierten willkürlichen Bewegungen, die am normalen Arme zugleich mit der Grundbewegung erfolgen und sie in der für das Ziel passenden Weise ausgestalten. Erst später kommt es am anästhetischen Arme dazu, dass mit dem Vorstrecken andere Bewegungen, wie sie die Lage und das Fassen des Objektes erheischen, sich verbinden, gleichzeitig der Oberarm ab- oder adduziert wird, die Hand proniert oder supiniert usw. Zu welcher Zeit und in welcher Reihenfolge diese modifizierenden Bewegungen zur Grundbewegung sich hinzugesellen, ist grossen individuellen Schwankungen unterworfen. Aber beständig ist es, dass sie zunächst zu klein und dann wieder zu gross ausfallen und erst nach und nach sich der passenden Grösse nähern, und dass sie dabei zuerst mit jähem Verlaufe gleichsam abgesondert oder abgesetzt von der Grundbewegung sich darstellen, aber allmählich immer enger mit der Grundbewegung sich zusammenschliessen und verschmelzen; daher das Greifen anfangs höchst ungeschickt und plump erscheint und regelmässig unter der vielfachen Wiederholung ausserordentlich an Geschicktheit gewinnt. Nichts liegt da näher, als daran zu denken, dass, wenn für die Markzentren der Extremität durch die Durchschneidung der sensiblen Wurzeln die beständigen Erregungen von der Peripherie her fortfallen, das Gleiche für die motorischen zentralen Elemente der Extremitätenregion gilt, die mit den zu dieser Region ziehenden sensiblen Bahnen nach Ausweis der Rindenreflexe mindestens ebenso eng verbunden sind, und demgemäss in der Herabsetzung, welche die Erregbarkeit dieser motorischen Elemente durch die Durchschneidung der sensiblen Wurzeln erfährt, die Ursache der Störungen der modifizierenden Bewegungen zu sehen. So lassen sich nicht nur die Störungen alle einfach ableiten, sondern es lassen sogar die beobachtete Loslösung der modifizierenden

Bewegungen von der Grundbewegung und ihre spätere allmähliche Wiedervereinigung mit der Grundbewegung keine andere Erklärung zu, als dass der normale Zusammenhang der die verschiedenen Bewegungen herbeiführenden motorischen zentralen Elemente der Extremitätenregion oder, schärfer ausgedrückt, das normale Nach- und Nebeneinander ihrer Erregungen durch die Herabsetzung der Erregbarkeit der Elemente gestört ist und mit der Zeit ein neues, den veränderten Verhältnissen der Grundbewegung entsprechendes Zusammenwirken der Elemente hergestellt wird. Ob daneben noch in dem beschränkten Masse, wie die Sehnenreflexe Verbindungen der sensiblen Bahnen im Rückenmark mit einzelnen Muskelzentren anzeigen, auch die herabgesetzte Erregbarkeit gewisser Muskelzentren bei den Störungen der modifizierenden Bewegungen mit in Rechnung zu setzen ist, kann dahingestellt bleiben.

Natürlich ist die Veränderung in der Extremitätenregion, auf deren Beachtung wir eben hingeleitet worden sind, nunmehr auch für die vorher behandelten gröberen Störungen der isolierten willkürlichen Bewegungen neben der Herabsetzung der Erregbarkeit der Markzentren verantwortlich zu machen; und selbst für die Störungen bei den Prinzipalbewegungen kann sie von untergeordneter Bedeutung sein, da es doch wahrscheinlich ist, dass die in der Norm den motorischen zentralen Elementen der Extremitätenregion von der Peripherie her zufließenden Erregungen wiederum von diesen Elementen aus nach den Muskelzentren abfließende Erregungen zur Folge haben. Doch brauchen wir auf eingehendere Betrachtungen uns hier nicht weiter einzulassen, weil sie über die Grenze hinausführen, die bezüglich der Grösse und des zeitlichen Verhaltens der Störungen unseren Beobachtungen gezogen war. Nur das verdient schliesslich noch unsere Aufmerksamkeit, wie durch die Herabsetzung der Erregbarkeit auch Erklärung findet, dass, wo verschiedene Bewegungen der Extremität rasch nach einander statthaben sollen, der Uebergang von der einen zu der anderen Bewegung durch den Sensibilitätsverlust der Extremität erschwert ist. Die Störung tritt besonders schön hervor, wenn die Greifbewegung des anästhetischen Armes sich soweit vervollkommnet hat, dass die vorgestreckte Hand ungefähr das Objekt erreicht, an den dann folgenden korrigierenden Bewegungen, die mit dadurch den Eindruck grösster Unbeholfenheit hervorrufen, und ist überall auffällig bei den Prinzipalbewegungen, wo dem Beugen Strecken, dem Heben Senken des anästhetischen Armes zu folgen hat.

Die charakteristischen Bewegungsstörungen infolge des völligen Sensibilitätsverlustes der Extremität sind also insgesamt verständlich, wenn den Markzentren der Extremität und den motorischen zentralen Elementen der zugehörigen Extremitätenregion in der Norm von seiten der Extremität durch deren sensible Bahnen beständig Erregungen zu-

geführt werden, so dass durch die Durchschneidung der sensiblen Wurzeln die Erregbarkeit jener Zentren und Elemente eine Herabsetzung erfährt. Und dass diese Voraussetzung in der Wirklichkeit zutrifft, dafür sprechen schon der Umfang und die Einfachheit der Aufklärung, die sie bringt; sie wird aber auch durch die Erfahrung bestätigt.

Wie Hr. Brondgeest¹⁾ fand, hängt am frei aufgehängten hirnlosen Frosche das Hinterbein, dessen Nerven oder sensible Nervenwurzeln durchschnitten sind, schlaff herab, während das andere, normale Hinterbein im Hüft-, Knie- und Fussgelenk eine mässige Beugung zeigt. Hr. Brondgeest hat daraus geschlossen, dass ein Reflextonus der willkürlichen Muskeln besteht, d. h. dass in der Norm durch eine Wirkung der sensiblen Nerven in den Bewegungszentren des Rückenmarks eine Tätigkeit unterhalten wird, welche eine andauernde Kontraktion der Muskeln hervorruft. Man hat dem entgegengehalten, dass ein solcher Reflextonus bloss für die Beugemuskeln erwiesen sei und nur infolge abnormer Lage der Extremität auftrete; aber es hat sich auch für Streckmuskeln bei nicht abnormen Lagen der Extremität nachweisen lassen, dass sie nach der Durchschneidung der Nerven oder der sensiblen Nervenwurzeln etwas länger als vorher sind²⁾. Zugleich hat man, wo man zu den Versuchen die Muskeln belasten musste, erkannt, dass nicht nur den Hautreizen, die man zuerst allein dafür in Anspruch nahm, sondern auch der Spannung der Muskeln der Reflextonus entspringt. Wenn man dabei die Ansicht aussprach, dass der Reflextonus oder, wie man ihn besser benennen zu sollen glaubte, die reflektorische Muskelspannung nicht „immer vorhanden und demnach eine dauernde ist, sondern vielmehr immer nur als Spannungszuwachs derjenigen Muskeln in Erscheinung tritt, die gerade unter dem Einflusse von Bewegungen und unter der Wirkung der Schwerkraft eine Dehnung erfahren“, so ist man offenbar zu weit gegangen, schon deshalb, weil beim Brondgeestschen Versuche die Enthäutung des ungeschädigten Beines die Beugung in dessen Gelenken, wenschon nicht aufhebt, so doch verringert. Einfach wird auch durch den Reflextonus am Kaninchenohre, dessen Aufdeckung wir Hrn. Filehne³⁾ verdanken, klargestellt, dass es für das Auftreten des Reflextonus weder einer abnormen Lage des Körperteiles noch einer durch die Schwerkraft oder die Bewegungen herbeigeführten Dehnung der Muskeln bedarf: der Ohrlöffel steht, wenn ihn das Tier nicht bewegt,

1) Arch. f. Anat. u. Physiol. 1860. 703.

2) Steinmann, Bull. de l'Acad. d. sc. de St.-Pétersbourg 16. 1871. 31; Cyon, Pflügers Arch. 8. 1873. 348; Tschirjew, Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1879. 78 ff.; von Anrep, Pflügers Arch. 21. 1880. 229 ff.; Mommsen, Virch. Arch. 101. 1885. 27—8; H. E. Hering, Pflügers Arch. 68. 1897. 1 ff.

3) Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1886. 432.

am normalen Tiere wie auch nach Abtragung des Grosshirns aufrecht und liegt zurückgefallen dem Nacken an nach der intrakraniellen Durchschneidung des Trigeminus. Nur das ist festzuhalten, dass die Grösse des Reflexonus ebensowenig für die verschiedenen Muskeln zur gleichen Zeit, wie für denselben Muskel zu jeder Zeit die gleiche, vielmehr in Abhängigkeit von Haut- und Muskelspannungen und anderen Umständen sehr veränderlich ist. Wenn deshalb auch nicht, wie es der Brondgeestsche Schluss wollte, jederzeit für alle Muskeln die reflektorische Kontraktion zutrifft, so geht doch aus den Erfahrungen hinsichtlich des Reflexonus das zweifellos hervor, worauf es uns ankommt, dass durch die sensiblen Bahnen der Extremität beständig Erregungen den Bewegungszentren der Extremität im Rückenmark zufließen.

Ferner hat Hr. Cyon¹⁾ gefunden, dass die Reizbarkeit der vorderen Wurzeln der Hinterbeinnerven am Frosche nach der Durchschneidung der hinteren Wurzeln derselben Nerven vermindert ist. Allerdings ist bei den Wiederholungen der Untersuchung manchmal nicht die Verminderung zur Beobachtung gekommen; aber es will erwogen sein, dass, wenn selbst die groben Fehlerquellen, die Schädigung der Wurzeln bei der Operation, die Verschiebung der Wurzeln auf den Elektroden usw., immer ebenso gut wie bei jenen Cyonschen Versuchen ausgeschlossen waren, doch den negativen Ergebnissen hier kein Gewicht gegenüber den positiven beizumessen ist. Denn nach unseren Kenntnissen von den Folgen der Doppelreizung des Nerven war die Beobachtung der Verminderung der Reizbarkeit daran geknüpft, dass vor der Durchschneidung der hinteren Wurzeln nicht bloss eine reflektorische Erregung der Bewegungszentren beständig die vorderen Wurzeln erregte, sondern auch die Grösse der daher stammenden Erregungen der vorderen Wurzeln zur Grösse der durch die Prüfungsreize verursachten Erregungen derselben Wurzeln im richtigen Verhältnisse stand, um eine Summation von beiderlei Erregungen statthaben zu lassen: und diese Bedingung brauchte nicht immer erfüllt zu sein. Nun hat Hr. Cyon seine Versuche zunächst und hauptsächlich an Fröschen angestellt, deren Zentralnervensystem unversehrt war. Als er dann in weiteren Versuchen nach der Durchschneidung der hinteren Wurzeln Hirn- und Rückenmarkspartien abtrug, fand er dadurch keine Veränderung mehr in der Reizbarkeit der vorderen Wurzeln herbeigeführt. Dagegen sah er die Reizbarkeit der vorderen Wurzeln sinken, sowohl wenn er vor der Durchschneidung der hinteren Wurzeln die Hirn- und Rückenmarkspartien abtrug, wie auch wenn er nach diesen Abtragungen noch die hinteren Wurzeln durchschnitt; und

1) Berichte über die Verhandl. der Leipziger Ges. d. Wiss. Mathem.-phys. Classe. 17. 1865. 85 ff.; Bull. de l'Acad. d. sc. de St.-Petersbourg 16. 1871. 118 ff.

wie ein Beispiel, das er anführt, lehrt, war das Sinken in solchem Falle nach der Durchschneidung der hinteren Wurzeln nicht grösser, als nach gewissen Abtragungen. Damit hat Hr. Cyon, wie er selbst bemerkt, nicht bloss das Vorhandensein des Brondgeestschen Reflextonus der Muskeln auf seine Weise bestätigt, sondern auch gezeigt, dass „die Orte der nervösen Zentren, an welchen die motorischen Nerven durch die sensiblen beeinflusst werden, mehrfache sind“, die reflektorische Erregung von seiten der hinteren Wurzeln „an mehreren Stellen des Zentralnervensystems auf die vorderen Wurzeln übertragen wird“. Also nicht bloss im Rückenmark, wie es der Brondgeestsche Versuch dartut, fliessen durch die sensiblen Bahnen der Extremität deren motorischen zentralen Organen Erregungen zu, sondern auch höher oben im Zentralnervensystem; und wenn hier über den letzteren Ort noch nichts Genaueres ausgemacht ist, so lehren ihn uns die folgenden Erfahrungen als die zugehörige Hirnpartie kennen.

Nach der vollkommenen Querdurchschneidung des Rückenmarks an einem der letzten Brustwirbel findet man die Hinterbeine des auf der Seite oder dem Rücken liegenden Hundes, nachdem die Narkose sich verloren hat, vollkommen schlaff und ausserordentlich leicht beweglich, so schlaff und beweglich wie die Hinterbeine eines vor kurzem gestorbenen Hundes, an dem die Totenstarre noch nicht bemerklich ist. Dabei bleibt es auch, solange durch Drücken, Kneipen usw. gar keine Bewegungen oder nur schwache Beugungen von Ober- und Unterschenkel des gereizten Beines zu erzielen sind. Und für immer, solange das Tier lebt, bleibt es dabei, wenn der Versuch durch Blutung oder Entzündung missglückte. Wo aber nicht solche Schädigungen des Rückenmarks eintraten, sind nach mehreren Tagen, wenn man schon stärkere und ausgedehntere Reflexbewegungen erhält, die Schlaffheit der oberen Glieder der Hinterbeine und ihre passive Beweglichkeit deutlich geringer als an der Leiche; und der Unterschied wird mit der Zeit grösser, bis er 4—6 Wochen nach der Operation auffällig ist. Untersucht man den Hund nicht liegend, sondern an der Brust umfasst und senkrecht emporgehalten, so zeigen die zuerst schlaff herabhängenden Hinterbeine später eine Beugung im Hüft-, Knie- und Fussgelenk, die mit der Zeit zunimmt. Die bei Funktionsunfähigkeit des Lendenmarks leichenhaft schlaffen Hinterbeine nähern sich also, wenn das Lendenmark seine Funktionsfähigkeit allmählich wiedergewinnt, mit ihren Muskelspannungen denen des normalen Tieres, in dem Masse zunehmend, wie die Reflexerregbarkeit des Lendenmarks unter dem Ablaufe des Heilungsvorganges und den Isolierungsveränderungen wächst¹⁾; was nichts anderes besagt, als dass

1) S. oben 27 ff.

der durch den Eingriff verloren gegangene Reflextonus sich mit der Wiedererstarkung des Lendenmarks allmählich wieder ausbildet. Nun sieht man nach der Exstirpation der Extremitätenregionen beim Hunde wie beim Affen an den gegenseitigen Extremitäten es sich wiederholen, dass diese zuerst leichenhaft schlaff sind und mit der Zeit an Schlaffheit verlieren: und das ist daher erklärlich, dass durch eine von der Hirnwunde ausgehende Einwirkung auf die zu den Muskelzentren der Extremitäten führenden Bahnen die Erregbarkeit der Muskelzentren eine anfangs grosse und allmählich abnehmende Herabsetzung erfährt¹⁾. Aber auch wenn die Hirnwunde geheilt und die Reflexerregbarkeit der Muskelzentren zur Norm zurückgekehrt oder sogar noch etwas darüber hinaus gestiegen ist, sind und bleiben die Extremitäten, die ihre zugehörigen Extremitätenregionen eingebüsst haben, immer noch schlaffer als die anderen; wie sich aus dem Vergleiche der passiven Beweglichkeit der beiderseitigen Extremitäten ergibt und wie man es schon an ihrer verschiedenen Haltung erkennt, beim ruhig sitzenden Affen ohne weiteres, beim Hunde, wenn er auf der Seite oder dem Rücken liegt oder wenn er, an der Brust umfasst, senkrecht emporgehalten ist und die anfänglichen Strampelbewegungen vorübergegangen oder, wie es nach häufiger Prüfung geschieht, gar nicht mehr aufgetreten sind. Darnach hängen die Muskelspannungen der untätigen Extremität nicht bloss vom Rückenmark, sondern auch von der Grosshirnrinde ab, werden den Muskelzentren der Extremität beständig ausser durch die sensiblen Bahnen, die von der Extremität zu ihnen gehen, auch durch die motorischen zentralen Elemente der zugehörigen Extremitätenregion mässige Erregungen zugeführt. Man kann sagen, dass neben dem vorbesprochenen Reflextonus als Rückenmarkstonus noch ein Rindentonus besteht. Und dass auch letzterer ein reflektorischer ist, darauf beruhend, dass beständig der Extremitätenregion durch die zu dieser Region ziehenden sensiblen Bahnen der Extremität Erregungen zugeführt werden, geht aus dem Verhalten der Extremität nach der Durchschneidung ihrer sensiblen Nervenwurzeln hervor. Die HH. Mott und Sherrington geben an, dass der Rückenmarkstonus (spinal tonus) in den Muskeln der anästhetischen Extremität unzweifelhaft sehr verringert ist²⁾, und Hr. Mott spricht von einem sofortigem Verluste des Muskeltonus³⁾. In der Tat ist und bleibt die Extremität nach der Durchschneidung ihrer sensiblen Nervenwurzeln gerade so schlaff wie die Extremität der Leiche; und so könnte es nicht sein, es müsste vielmehr nach dem Verluste des Rückenmarkstonus

1) Vergl. oben 271.

2) A. a. O. (Proceed. etc.) 484.

3) A. a. O. (Vier Vorlesungen usw.) 27.

immer noch der Rindentonus erhalten sein, wäre nicht auch der letztere infolge jener Durchschneidung aufgehoben.¹⁾

Endlich stellt noch an unseren Affen die Prüfung der betroffenen Grosshirnrinde die Herabsetzung ihrer Reizbarkeit heraus, da es, wenn man an beiden Hemisphären die gleiche Stelle der Armregion in gleicher Weise mit Induktionsströmen reizt, zur Herbeiführung derselben Bewegung am anästhetischen Arme stärkerer Ströme bedarf, als am ungeschädigten Arme. Ich trete damit zu älteren Angaben in Widerspruch. Nicht dazu, dass zuerst einmal gelegentlich Hr. Sherrington die Reizstärke, die erforderlich war, um beim Affen von einer und derselben Rindenstelle aus Beugung der grossen Zehe herbeizuführen, unmittelbar nach der Durchschneidung der hinteren Wurzeln der Fussnerven kleiner als vor der Durchschneidung fand²⁾; denn da konnten sich mehr die Folgen der mit der Durchschneidung der Wurzeln verbundenen Reizung kundtun, als die Folgen des Verlustes der Wurzeln, auf die es hier ankommt. Sondern es haben die HH. Mott und Sherrington an Affen, denen schon vor mehreren Wochen die hinteren Nervenwurzeln für einen Arm oder ein Bein durchschnitten waren, die Bewegungen des Daumens oder der grossen Zehe oder der Finger und Zehen durch die elektrische Reizung der geeigneten Rindenstellen ebenso leicht an der anästhetischen wie an der normalen Extremität erzielt, einigemal sogar, wie es ihnen schien, an der anästhetischen Extremität etwas leichter, d. h. mit etwas schwächeren Induktionsströmen³⁾; und bei einem später angestellten derartigen Versuche haben auch die HH. Sherrington und H. E. Hering keinen wesentlichen Unterschied für den anästhetischen und den normalen

1) Meines Wissens ist der reflektorische Rindentonus neben dem Rückenmarkstonus noch nicht so, wie oben im Texte, dargelegt. Es ist aber schon von Hitzig auf grund des schlaffen Herabhängens der betroffenen Extremitäten nach der Ausschaltung des Gyrus sigmoideus beim Hunde ausgesprochen, dass in der Norm „von diesem Gyrus aus stetige Erregungen — eine Art von Tonus — den Muskeln dieser Extremitäten zufließen“ (Arch. f. Psychiatrie 34. 1901. 18). Und anknüpfend an die Streitfrage zwischen Hitzig und Bianchi, ob der Zustand der Glieder nach jener Ausschaltung mit einer Lähmung oder (wegen des Auftretens tonischer Streckstellung) mit einer Kontraktur zu vergleichen sei, hat Lewandowsky für den Grosshirntonus den sensiblen Ursprung nachzuweisen gesucht: die Möglichkeit der Abweichung des Spannungszustandes der Muskeln nach der Seite der Atonie und der Hypertonie deute von vornherein auf einen sensiblen Ursprung des Symptoms; die Regulierung der Bewegung durch die Sensibilität sei verloren gegangen; die Atonie könne geradezu als Demonstration der Muskelsinnstörung gelten, da Störungen der Motilität, wie er annehmen zu müssen glaube, nicht bestehen; die Dystonie sei nur ein Symptom der Ataxie, der Incoordination (Journ. f. Psychol. u. Neurol. I. 1902. 72 ff.).

2) Phil. Transact. of the R. Soc. of London 184. 1893. B, 690—1.

3) A. a. O. (Proceed. etc.) 483—4.

Arm feststellen können¹⁾. Wenn diesen Erfahrungen der Wert zukäme, den die HH. Mott und Sherrington ihnen beilegen, so müsste man auch dem Schlusse zustimmen, den sie ziehen, dass eine tiefgehende Verschiedenheit besteht zwischen der Herbeiführung der feineren Bewegungen der Extremität beim Wollen einerseits und ihrer Herbeiführung durch die experimentelle Rindenreizung andererseits, — einem schwerwiegenden Schlusse, da doch sonst alles, was wir wissen, dafür und nichts dagegen spricht, dass für das Zustandekommen der Bewegungen die elektrische Rindenreizung, natürlich innerhalb der durch ihre Eigenart gezogenen Grenzen, das Wollen zu ersetzen vermag. Aber jene Erfahrungen ergaben nicht den wahren Sachverhalt, und zwar wohl in erster Linie infolge dessen, dass die Reizungen noch während der Chloroform-Aether-Narkose erfolgten, was auch in Hinsicht auf den Charakter der ausgelösten Bewegungen schon Hrn. Hering Bedenken erregt hat²⁾. Mitgewirkt mag daneben haben, dass die Herren Mott und Sherrington den Prüfungen nicht die nötige Feinheit gaben, weil sie die Untersuchung von dem Gesichtspunkte aus unternahmen, dass durch den Sensibilitätsverlust die Willenskraft, mit der Hand zu greifen usw., vollkommen und für immer verloren geht, und deshalb eine grössere Abweichung von der Norm erwarteten, als in der Wirklichkeit sich findet.

Die Versuche erfordern, dass an den zu vergleichenden Rindenpartien nicht nur jede Verletzung, sondern auch jede Zirkulationsstörung ausgeschlossen ist; und um letzteres sicher zu erreichen, bin ich den Venen ferngeblieben, die am medialen Rande der Konvexität von der Pia zur Dura übertreten, und habe lediglich den lateralen Teil der Armregion bis medialwärts etwas über die obere Frontalfurche (die Schäfersche Furche χ) hinaus beiderseits freigelegt. Wenn dann die Aethernarkose sich verloren hatte und der Affe ganz munter war, prüfte ich in regelmässigem Wechsel an beiden Hemisphären und mit so reichlichen Pausen, dass Nachwirkung und Ermüdung sich nicht geltend machen konnten, die im Gyrus postcentralis am lateralen Rande der Armregion (in der Höhe des Endes des Sulcus interparietalis) gelegene Stelle, die bei schwächster Reizung Beugung des Daumens liefert. Unter Benutzung des gewöhnlichen du Boisschen Schlitteninduktoriums der Laboratorien mit einem kleinen Daniellschen Elemente im primären Kreise und geknüpfter Platinelektroden von 3 mm Abstand trat der Erfolg bei etwa 120 mm Rollenabstand am ungeschädigten Arme ein und erst bei einem 10—15 mm kleineren Rollenabstande am anästhetischen

1) Neurolog. Zentralbl. 1897. 1092.

2) Ebenda 1093.

Arme. Dasselbe war in den nächsten Stunden wiederholt zu konstatieren, wofern nicht der Affe durch seine häufigen Versuche, sich zu befreien, ermüdete und einschlief, wodurch stärkere Ströme erforderlich wurden und der Unterschied nicht mehr deutlich war. Ebenso war das Ergebnis, wenn ich andere Rindenstellen beiderseits verglich, — ich wählte insbesondere eine unmittelbar vor und eine andere unmittelbar hinter der oberen Frontalfurche im Gyrus praecentralis gelegene Stelle, von denen die erstere Vorwärtsführung des Armes mit Streckung der Glieder, die letztere Rückwärtsführung des Armes mit Beugung der Glieder veranlasste. Hier kam es allerdings infolge der Varietäten bezüglich der Breite des Gyrus und der Ausbildung der oberen Frontalfurche ein paarmal vor, dass ich nur schwer oder selbst gar nicht die gleichwertigen, d. h. gleiche Bewegungen herbeiführenden Stellen beider Hemisphären auffand. An der erstbezeichneten Stelle im Gyrus postcentralis bin ich auf solche Schwierigkeiten nie gestossen. Ich habe an 14 Affen die Versuche gemacht. An einem Affen war eine schwache blutige Suffusion der Pia an der dem ungeschädigten Arme zugehörigen Armregion entstanden, an einem anderen Affen fand sich auf der entsprechenden Seite neben einer alten geheilten Schädelfraktur eine vom vorderen Teile des Hinterhauptslappens bis in die Armregion sich erstreckende gelbliche Verfärbung der Rinde mit stellenweiser Adhärenz der Pia; und in diesen beiden Fällen trat die Bewegung am anästhetischen Arme leichter ein, als am ungeschädigten Arme. An den anderen 12 Affen habe ich regelmässig den Unterschied so, wie ich ihn angab, beobachtet, nur dass er einmal zu Anfang des Versuches, weil nachweislich Versehen im Verstellen der sekundären Rolle gemacht worden waren, nicht klar hervortrat. Zugleich zeigte sich, dass bei derjenigen Stellung der sekundären Rolle, bei der am anästhetischen Arme zuerst Beugung des Daumens bemerklich war, am ungeschädigten Arme schon die Hand sich fest zur Faust schloss oder sogar überdies noch der Vorderarm sich bewegte. Und wenn man die Strecken verglich, um welche die sekundäre Rolle der primären genähert werden musste, um in der erzielten Bewegung von der ersten Beugung des Daumens zum festen Faustschlusse zu kommen, so stellte sich die Strecke für den anästhetischen Arm um 5—10 mm länger heraus, als für den ungeschädigten Arm, obwohl schon einer Verschiebung der sekundären Rolle um die gleiche Strecke im Falle des geschädigten Armes eine grössere Verstärkung der Reizströme entsprach.

Von den Affen, die ich zu diesen Versuchen verwandte, war an dem einen Teile 2—3 Monate, an dem anderen Teile höchstens 14 Tage vorher die Durchschneidung der Nervenwurzeln ausgeführt. Bei den ersteren Affen war die Muskulatur des anästhetischen Armes

bereits infolge ihrer verminderten Tätigkeit deutlich atrophisch; und dass nicht etwa diese Atrophie die Reizbarkeit der gegenseitigen Rinde herabgesetzt erscheinen liess, das taten die Versuche an den letzteren Affen dar, deren Ergebnisse nicht merklich verschieden waren. Einmal habe ich schon 2 Tage nach der Durchschneidung der Nervenwurzeln geprüft; aber weil es geraten ist, sich zunächst durch die Beobachtung des Affen dessen zu vergewissern, dass nicht bei der Operation oder der Heilung eine Schädigung des Rückenmarks stattgehabt hat, habe ich in den anderen Fällen frühestens nach 6 Tagen die Prüfung vorgenommen.

7.

Es hat sich also als nicht zutreffend erwiesen, dass, wenn eine Extremität aller Sensibilität beraubt ist, die isolierten willkürlichen Bewegungen der Extremität, zum mindesten die ihrer unteren Glieder aufgehoben sind, die Willenskraft, die Hand zum Munde zu heben oder mit der Hand zu greifen usw., vollkommen und für immer vernichtet ist, die Fähigkeit, die Vorstellung solcher Bewegung zu bilden, untergegangen ist; und es ist ebensowenig richtig, dass die ganze sensorische Bahn von der Peripherie zur Rinde während der willkürlichen Bewegung in Tätigkeit ist, dass zentripetale Impulse von Haut und Muskeln, besonders von der Haut des Handtellers und der Fusssohle, für die Ausführung willkürlicher Bewegungen der Extremität notwendig sind. Unsere früher erworbene Kenntnis von der Fühlsphäre bedarf daher nicht der Berichtigung, der sie nach der Mott-Sherringtonschen Veröffentlichung unterliegen zu müssen schien. Im Gegenteil hat sich gezeigt, dass gerade unsere Ermittlungen über die Fühlsphäre dazu verhelfen, die Folgen, die der völlige Verlust der Sensibilität der Extremität für deren Motilität mit sich bringt, besser übersehen und verstehen zu lassen.

Diese Folgen haben sich als von zweierlei Art und auf zweierlei Grunde beruhend herausgestellt.

Gänzlich aufgehoben sind die Bewegungen der Extremität, die in der Norm als unmittelbare Reaktionen auf Reizungen sensibler Nerven ebendieser Extremität auftreten, selbstverständlich, da solche Reizungen nicht mehr zustandekommen oder, wenn sie doch erfolgen, nicht mehr von Einfluss auf das Zentralnervensystem sind. So bleiben für die Dauer aus alle eigenen reflektorischen Bewegungen der Extremität, ihre Gemeinreflexe und ihre (unbewussten oder bewussten) Rindenreflexe. Zu den letzteren gehören alle Regulierungen der Gesamtbewegungen der Extremität, die vervollkommnenden oder verfeinernden Bewegungen der unteren Glieder, mittels deren beim Gehen und Laufen die Anpassung an Form, Härte, Glätte des Bodens statthat, beim Greifen das locker

oder ungeschickt ergriffene Objekt fester gefasst oder verschoben wird, usw.

Alle übrigen Bewegungen, welche die Extremität in der Norm vollführt, sind geschädigt, und zwar infolge dessen, dass die Einstellung der zentralen Organe, von welchen die Bewegungen der Extremität herbeigeführt werden, verändert ist. Den zentralen Organen werden in der Norm beständig von der Extremität her — infolge der die Extremität treffenden äusseren Reize und der durch Haut- und Muskelspannungen, Zug und Druck an den Gelenken usw. gegebenen inneren Reize — schwache Erregungen durch die sensiblen Bahnen zugeleitet, so dass die motorischen zentralen Elemente der zugeordneten Extremitätenregion, die aus Muskelzentren zusammengesetzten Markzentren und die Muskelzentren der Extremität sich immer schon bei der vollen Ruhe der Extremität in einer mässigen Erregung befinden; und der so erhöhten Erregbarkeit ist jedesmal die normale Grösse der Innervation angepasst, d. h. die Grösse der den zentralen Organen zufließenden Erregung, durch die es in der Norm zu der Bewegung an der Extremität kommt. Demgemäss erfährt durch die Unterbrechung der sensiblen Bahnen der Extremität oder wenn diese Bahnen sonstwie funktionsunfähig werden, die Erregbarkeit der genannten zentralen Organe eine Herabsetzung; und daher sind dann alle Bewegungen der Extremität erschwert, indem sie nicht mehr durch die normale, sondern erst durch eine verstärkte Innervation herbeigeführt werden können, und diejenigen Bewegungen der Extremität, die auf dem passenden Nach- und Nebeneinanderwirken mehrerer Muskeln, ohne dass diese Muskeln jeder gesondert für sich willkürlich beeinflusst werden, beruhen, die sogenannten geordneten oder koordinierten Bewegungen der Extremität überdies noch gestört.

Die Störung ist immer desto grösser, je mehr Muskeln oder Glieder der Extremität an der Bewegung beteiligt sind; im übrigen aber bietet sie Verschiedenheiten dar je nach der Art, wie die Ordnung in Reihenfolge, Stärke und Dauer der Tätigkeit der Muskeln zustandekam. Wo dies durch die angeborene oder ererbte Einrichtung des Markzentrums geschah, indem durch die Gruppe der das Markzentrum zusammensetzenden Muskelzentren die Erregung vom ersten Muskelzentrum aus der Reihe nach gemäss den gegebenen Verbindungen sich fortpflanzte, werden durch die Steigerung der Innervation der motorischen zentralen Rindenelemente, die das Markzentrum beherrschen, oder des Prinzipalzentrums, von dem das Markzentrum abhängig ist, wohl noch alle Muskeln in der richtigen Reihenfolge in Tätigkeit gesetzt, jedoch nur so, dass die Muskeln, die von den in der Reihe voraufgehenden Muskelzentren angeregt werden, übermässig stark und lange tätig sind gegenüber den Muskeln, die ihre Anregung von den in der Reihe nach-

folgenden Muskelzentren erhalten. Und unverändert bleibt diese Störung für die Dauer bestehen. Anders ist es, wo die Ordnung nicht durch das Markzentrum allein veranlasst war, sondern auch dadurch, dass daneben zugleich motorische zentrale Rindenelemente in bestimmter Folge nach einander noch andere Muskelzentren erregten. Hier wird durch die gesteigerte Innervation sowohl dieser Gruppe von Rindenelementen als auch der motorischen zentralen Rindenelemente, die das Markzentrum beherrschen, bloss noch die Tätigkeit aller Muskeln erzielt und nicht mehr die richtige Reihenfolge, geschweige denn die richtige Stärke und Dauer ihrer Tätigkeit. Aber unter der häufigen Wiederholung der Bewegung tritt die Aenderung ein, dass die richtige Reihenfolge in der Tätigkeit der Muskeln sich wiederherstellt und nur im Bereiche der vom Markzentrum abhängigen Muskelzentren dieselbe Störung, wie im ersten Falle, für die Dauer verbleibt. Die Bewegung der Extremität bei den Prinzipalbewegungen oder die Stossbewegung kann für den ersten, das Greifen für den zweiten Fall als Beispiel dienen. Darnach lässt sich auch die Störung für den dritten Fall übersehen, der sich am Affen nicht klar darbot und am Menschen zu verfolgen ist: für den Fall, dass die Ordnung in der Tätigkeit der Muskeln ohne Mitwirkung eines Markzentrums lediglich durch die motorischen zentralen Rindenelemente, welche die Muskelzentren der beteiligten Muskeln beherrschen, herbeigeführt war, indem aus diesen Rindenelementen infolge ihrer oft in gleicher Weise wiederholten Inanspruchnahme durch die Verbesserung gewisser Leitungsbahnen eine derart eng zusammenhängende Gruppe sich gebildet hatte, dass die Erregung von demselben Ausgangspunkte aus immer in derselben Weise die Gruppe durchlief¹⁾. In diesem Falle werden durch die gesteigerte Innervation alle Muskeln in der richtigen Reihenfolge zur Tätigkeit kommen und werden anfangs Stärke und Dauer ihrer Tätigkeit solche Abnormitäten, wie im ersten Falle, darbieten, aber unter der Wiederholung der Bewegung wird die Störung bis zum Verschwinden abnehmen. Denn wie der zweite Fall lehrt, werden, wenn die durch Uebung erworbenen kortikalen Vorrichtungen für die Koordination, die Gruppen eng zusammenhängender Rindenelemente, unzweckmässig oder unpassend geworden sind, mittels häufiger andersartiger Inanspruchnahme der Rindenelemente passende derartige Vorrichtungen neu hergestellt, während die in den subkortikalen Markzentren ererbten Vorrichtungen für die Koordination, die Gruppen eng zusammenhängender Muskelzentren, in Zahl wie Aufbau unwandelbar sind.

Soweit ich sehe, umfasst diese Aufklärung von Art und Ursache der Bewegungsstörungen auch die in der Litteratur vorliegenden Er-

1) Diese Gruppenbildung und ihre Bedeutung habe ich in einer Rede (Lernen und Leisten, Berlin 1903. 13—19) gemeinfasslich zu entwickeln versucht.

fahrungen über die Folgen des Sensibilitätsverlustes, die experimentellen Erfahrungen an Säugetieren wie die pathologischen am Menschen, mit den selbstverständlichen Abänderungen auch diejenigen Erfahrungen, die sich auf andere Körperteile als die Extremitäten beziehen. Das wird aber natürlich noch einer genauen Prüfung zu unterziehen sein. Es wird dabei auch zu beachten sein, dass, wenn ich hier den Sensibilitätsverlust der Extremität lediglich die Einstellung der motorischen zentralen Rindenelemente, der Markzentren und der Muskelzentren der Extremität beeinflussen liess, weil es für das Verständnis des Beobachteten ausreichte, die veränderte Einstellung doch ferner noch für die anderen zentralen Organe anzunehmen ist, zu denen sensible Bahnen von der Extremität her und von denen motorische Bahnen zu den Extremitäten hin führen. Da zu den Prinzipalzentren sensible Bahnen von vielen Körperteilen gelangen, ist es begreiflich, dass der Fortfall der von einer einzelnen Extremität stammenden Bahnen nicht eine solche Herabsetzung der Erregbarkeit der Prinzipalzentren bewirkte, dass sie für uns bemerklich wurde. Was das Kleinhirn betrifft, so liegt bei den ersten Versuchen, die man macht, die Verführung nahe, seiner Veränderung es zuzuschreiben, dass der Affe in den ersten 2—3 Tagen nach der Durchschneidung aller sensiblen Nervenwurzeln eines Armes, wenn er auf die Stange gesprungen oder geklettert ist, sich dort nicht sitzend zu halten vermag und alsbald herunterfällt, da doch in der ersten Zeit nach der Totalextirpation der Extremitätenregionen, trotzdem dass dann beide Extremitäten einer Seite gelähmt sind, derartiges nicht zur Beobachtung kommt; indes klärt sich bald die Unfähigkeit, das Gleichgewicht zu behaupten, als die Folge der derzeitigen Unbrauchbarkeit der abgetrennten Nacken- und Rückenmuskeln auf. Weiter habe ich vergebens nach einer Störung gesucht, die gerade von einer Veränderung des Kleinhirns abzuleiten gewesen wäre. Ich muss deshalb glauben, dass unter der gefundenen Herabsetzung, welche die Erregbarkeit der Mark- und Muskelzentren der Extremität durch deren Sensibilitätsverlust erfährt, ein vom Kleinhirn herrührender Anteil versteckt sich befindet, indem in der Norm die mittels der sensiblen Bahnen der Extremität schwach erregten motorischen zentralen Elemente des Kleinhirns in derselben Weise eine Erhöhung der Erregbarkeit jener Zentren herbeiführen, wie es seitens der motorischen zentralen Elemente der zugeordneten Extremitätenregion geschieht. Bezüglich der Grösse der Erregbarkeitsveränderung könnte gerade beim Kleinhirn besonders in Betracht zu kommen haben, dass, was wir beobachteten, die Folgen des Sensibilitätsverlustes lediglich einer Extremität waren.

Ueber die Funktionen des Kleinhirns.

Erste Mitteilung.

(Sitzungsberichte der Berliner Akademie der Wissenschaften 1906. 443—80.)

1.

In meiner letzten Mitteilung¹⁾ habe ich die Folgen behandelt, die der Verlust der Sensibilität eines Körperteiles für dessen Motilität mit sich bringt. An der Extremität, die aller Sensibilität beraubt ist, bleiben nicht nur alle eigenen reflektorischen Bewegungen der Extremität, ihre Gemeinreflexe und ihre Rindenreflexe, für die Dauer aus, sondern sind auch alle übrigen Bewegungen der Extremität geschädigt: sie sind alle andauernd erschwert, und die geordneten oder koordinierten Bewegungen der Extremität sind überdies noch in ihrem Ablaufe gestört, die ererbten unter diesen Bewegungen bleibend, die erlernten vorübergehend. Als die Ursache der Schädigung ergab sich die veränderte Einstellung der die Bewegungen der Extremität herbeiführenden zentralen Organe: die Muskelzentren und die aus Muskelzentren zusammengesetzten Markzentren der Extremität, wie auch die motorischen zentralen Elemente der zugeordneten Extremitätenregion der Grosshirnrinde sind in ihrer Erregbarkeit herabgesetzt, weil ihnen nicht mehr von der Extremität her auf den sensiblen Bahnen beständig Erregungen zufließen, wie es in der Norm infolge der die Extremität treffenden äusseren Reize und der durch Haut-, Muskel-, Gelenkspannungen usw. gegebenen inneren Reize der Fall ist.

Man hätte, sagte ich dort zum Schlusse, auch noch für die anderen zentralen Organe, an die sensible Bahnen von der Extremität herantreten und von denen motorische Bahnen zu der Extremität führen, die veränderte Einstellung nach dem Sensibilitätsverluste der Extremität anzunehmen, so für die Prinzipalzentren und die motorischen zentralen

1) S. oben 247 ff.

Elemente des Kleinhirns. Dass das Gehen, das Laufen, das Klettern usw. lediglich durch die mangelhafte Beteiligung der betroffenen Extremität beeinträchtigt, aber im ganzen nicht erschwert gefunden wurden, wäre daraus begreiflich, dass zu den Prinzipalzentren, von denen die koordinierten Bewegungen einer ganzen Reihe von Körperteilen angeregt werden, auch sensible Bahnen von vielen Körperteilen her gelangen und daher der Fortfall der von einer einzelnen Extremität stammenden Bahnen nicht eine solche Herabsetzung der Erregbarkeit der Prinzipalzentren bewirkte, dass sie für uns bemerklich wurde. Was das Kleinhirn betrifft, so müsste ich glauben, dass unter der gefundenen Herabsetzung, welche die Erregbarkeit der Mark- und Muskelzentren der Extremität durch deren Sensibilitätsverlust erfährt, ein vom Kleinhirn herrührender Anteil versteckt sich befinde, indem in der Norm die mittels der sensiblen Bahnen der Extremität schwach erregten motorischen zentralen Elemente des Kleinhirns in derselben Weise eine Erhöhung der Erregbarkeit jener Zentren herbeiführen, wie es seitens der motorischen zentralen Elemente der zugeordneten Extremitätenregion geschieht.

Diese Folgerung für das Kleinhirn traf sichtlich mit Hr. Lucianis Ermittlungen am Kleinhirn selbst zusammen, mit Ergebnissen gerade derjenigen Untersuchung, die unter den zahlreichen Bestrebungen des vorigen Jahrhunderts, die Funktionen des Kleinhirns aufzuhellen, nach Art und Umfang bei weitem die erste Stelle einnimmt. In den Jahren 1882—91 durchgeführt und ausführlich in dem Buche „Il Cervelletto“¹⁾ dargelegt, hat die Untersuchung gewissermassen ihre Fortsetzung oder ihre Ergänzung bis auf die Gegenwart in dem jüngst erschienenen Artikel „Das Kleinhirn“²⁾ erhalten, in dem Hr. Luciani auch den neueren Veröffentlichungen Rechnung trägt.

Es waren hauptsächlich die Folgen der Exstirpation einer lateralen Hälfte des Kleinhirns, ferner des Wurms und endlich des ganzen oder fast des ganzen Kleinhirns, denen Hr. Luciani nachging, und zwar bei Hunden und Affen, die nach solchen Verstümmelungen lange am Leben zu erhalten Hr. Luciani zuerst gelang. Nach seinen Erfahrungen weist Hr. Luciani³⁾ die Theorien zurück, die das Kleinhirn zum Zentrum der Erhaltung des Gleichgewichts und der Orientierung des Körpers im Raume machen, ebenso die Theorien, die das Kleinhirn als das Organ der Koordination der willkürlichen Bewegungen betrachten. Ihm ist das Kleinhirn das Organ eines Unterbewusstseins oder unbewusster Empfindungen, welches langsam, ruhig und kontinuierlich eine verstärkende Wirkung auf

1) Firenze 1891. (In den folgenden Zitaten abgekürzt „Cerv.“)

2) Ergebnisse der Physiologie, herausgeg. von Asher und Spiro, 3. Jahrg. Abt. II. Wiesbaden 1904. (In den folgenden Zitaten abgekürzt „Klh.“)

3) Klh. 318, 319, 325, 326, 334—7. — Cerv. 301, 302, 306—7.

die Tätigkeit der übrigen Nervenzentren ausübt, ein kleines, relativ unabhängiges und kein eigenes, d. h. ausschliesslich ihm vorbehaltenes Wirkungsfeld besitzendes Hilfs- oder Verstärkungssystem des grossen Zerebrospinalsystems. Und der unterstützende oder verstärkende Einfluss des Kleinhirns äussert sich in einer komplizierten Wirkung, infolgedessen 1) der Grad der Spannung wächst, in der sich die neuro-muskulären Apparate des animalen Lebens während der Funktionspause oder der Ruhe befinden (tonische Wirkung); 2) die Energie zunimmt, welche die Apparate bei den verschiedenen willkürlichen, automatischen und reflektorischen Tätigkeiten aufwenden (sthenische Wirkung); 3) der Rhythmus der Einzelimpulse beschleunigt wird, durch welchen diese Tätigkeiten zusammenwirken und die normale Verschmelzung und die regelmässige Kontinuität derselben zustandekommt (statische Wirkung). Denn die wesentlichen Folgen des Ausfalls der Kleinhirnfunktion sieht Hr. Luciani einfach in atonischen, asthenischen und astatischen neuro-muskulären Erscheinungen bestehen, die nicht auf die beim Stehen, Gehen und dergl. tätigen Muskeln beschränkt sind, sondern sich auf alle willkürlichen Muskeln erstrecken, sehr überwiegend jedoch auf die Muskeln der unteren oder hinteren Extremitäten und auf die Muskeln, welche die Wirbelsäule fixieren.

Wo Hr. Luciani im „Il Cervelletto“ seine Ergebnisse zusammenfasst, führt er zum Schlusse noch aus, dass die komplizierte physiologische Wirksamkeit des Kleinhirns nicht eine spezifische, eigenartige Wirksamkeit, sondern eine allgemeine und deshalb fundamentale des ganzen Nervensystems als solchen sei¹⁾. Die im Organismus zerstreuten peripherischen Ganglien, die insgesamt das sympathische System ausmachen, haben im Grunde dieselbe physiologische Bedeutung für die vegetativen Prozesse, wie das Kleinhirn für die animalen Prozesse. Das zeige sich hinsichtlich der trophischen Funktion und der Verstärkungsfunktion — die höchstwahrscheinlich zwei (innere und äussere) Seiten oder verschiedene Anblicke desselben, seinem Wesen nach unbekannten physiologischen Vorganges repräsentieren²⁾ — bei den Intervertebralganglien einerseits und dem Kleinhirn andererseits. Für die trophische Funktion zeugen³⁾ die Degenerationen und Sklerosen im Nervensystem, die Muskeldegenerationen usw., die auf die Abtragungen folgen. Bezüglich der anderen Funktion weist er⁴⁾, fussend auf den Cyonschen Versuchen an den Wurzeln der Rückenmarksnerven, auf die vollkommene Analogie zwischen der Verstärkungsfunktion des Kleinhirns und der der

1) Cerv. 307, 310 Anmerk.

2) Cerv. 305.

3) Cerv. 306, 308. (Klh. 337.)

4) Cerv. 310.

Intervertebralganglien hin, indem er in der von den hinteren Wurzeln ausgehenden Verstärkung der Erregbarkeit der vorderen Wurzeln oder motorischen Nerven einen synthetischen Ausdruck sieht, der deutlich einschliesst eine sthenische, tonische und statische Wirkung, übertragen von den Intervertebralganglien auf das Mark, vom Mark auf die motorischen Nerven und von diesen auf die Muskeln. In der Richtung stellt er auch weitere Untersuchungen in Aussicht. Aber solche sind nicht zur Veröffentlichung gekommen, und es ist auch in Hrn. Lucianis jüngstem Artikel von jenem Parallelismus zwischen den Intervertebralganglien und dem Kleinhirn nicht mehr die Rede. Lediglich das kehrt wieder¹⁾, dass der trophische und der tonische verstärkende Einfluss des Kleinhirns offenbar die beiden Seiten des nämlichen physiologischen Prozesses darstellen; und wir hören, dass sie „in kontinuierlicher Weise von den direkten oder indirekten Bahnen angeregt sind, die von den Organen des Hautmuskelsinnes und des Labyrinths zentripetalwärts zum Kleinhirn führen. Von diesen afferenten Bahnen, welche die Tätigkeit des Kleinhirns unterstützen, muss man eine besondere Bedeutung den vom Nervus vestibularis dargestellten zusprechen“. Auf welche experimentellen Erfahrungen sich Hr. Luciani dabei stützt, dass die Verstärkungsfunktion des Kleinhirns durch die von den Organen des Hautmuskelsinnes zentripetalwärts zum Kleinhirn führenden Bahnen, also durch die hinteren Wurzeln der Rückenmarksnerven angeregt oder, wie es bald darauf heisst, unterstützt werden soll, darüber gibt der Artikel keine Auskunft.

Als ein „Hilfs- oder Verstärkungssystem des grossen Cerebrospinalsystems“ liess sich nun auch nach meiner Folgerung das Kleinhirn ansprechen, indem von seinen motorischen zentralen Elementen aus eine Erhöhung der Erregbarkeit der Mark- und Muskelzentren herbeigeführt sein sollte. Und noch mehr musste mein Zusammentreffen mit Hrn. Luciani in die Augen springen, da, wie jene Leistung der motorischen Elemente des Kleinhirns sich von einer Erregung seitens der hinteren Wurzeln der Rückenmarksnerven herleitete, so auch Hr. Luciani seine Verstärkungsfunktion des Kleinhirns durch die Hautmuskelsinn-Nerven angeregt oder unterstützt sein lässt. Man konnte darnach meinen, dass die Erweiterung, die Hr. Luciani einstmals seiner Kleinhirn-Untersuchung noch durch die Untersuchung der Intervertebralganglien oder die Durchschneidung der hinteren Wurzeln der Rückenmarksnerven hatte geben wollen, nunmehr durch meine Versuche an den hinteren Wurzeln zur Ausführung gekommen war und für die Wirksamkeit des Kleinhirns zur Bestätigung der am Kleinhirn selbst gewonnenen Ergebnisse geführt hatte.

1) Klh. 337—8.

Indes stellte sich bei näherer Betrachtung die Sachlage nicht so günstig dar. Denn nach Hrn. Luciani war der kontinuierliche verstärkende Einfluss des Kleinhirns auf die Tätigkeit der übrigen Nervenzentren die Funktion *καὶ ἐξοχῆν* des Organes im Bewegungsapparate des Tieres und hatte weiter das Kleinhirn „kein eigenes, d. h. ausschliesslich ihm vorbehaltenes Wirkungsfeld“, mit anderen Worten, hatte das Kleinhirn nicht noch „stürmisch, diskontinuierlich und variabel nach den äusseren Umständen“¹⁾ eine besondere Aufgabe für das Zustandebringen von Bewegungen zu erfüllen, wie sie den anderen zum Bewegungsapparate gehörigen Zentralorganen, dem Grosshirn, dem Mittelhirn usw., bei den Reflex- und Willkürbewegungen zukommt. Dagegen war nach meinen Ergebnissen der verstärkende Einfluss des Kleinhirns nicht seine Funktion *καὶ ἐξοχῆν* im Bewegungsapparate des Tieres, sondern eine Funktion, die das Kleinhirn mit der Grosshirnrinde, den Prinzipalzentren, den Markzentren gemein hat, und war es nicht ausgeschlossen, im Gegenteil sogar wahrscheinlich, dass das Kleinhirn ausserdem noch ein eigenes Wirkungsfeld besitzt, ebenso noch eine spezifische Funktion für das Zustandebringen von Bewegungen hat, wie es bei der Grosshirnrinde, den Prinzipalzentren, den Markzentren der Fall ist. Ferner sollte nach meiner Folgerung die Verstärkungsfunktion des Kleinhirns, um Hrn. Lucianis kurze Ausdrucksweise zu benutzen, lediglich in tonischer und sthenischer Wirkung zum Ausdruck kommen, nicht aber in statischer Wirkung; denn solche Störungen, wie sie von Hrn. Luciani als astatische neuro-muskuläre Erscheinungen infolge der Verstümmelung des Kleinhirns beschrieben und zusammengefasst waren, hatten sich nicht als Folgen des Sensibilitätsverlustes eines Körperteiles gezeigt. Mochte sich da an sich auch annehmen lassen, dass solche Störungen aus irgendwelchem Grunde mir entgangen waren, so war doch, wenn man die letztere Abweichung mit der ersteren zusammenhielt, viel mehr an die Möglichkeit zu denken, dass Hr. Luciani zu Unrecht die statischen Wirkungen mit den tonischen und sthenischen verkoppelt hatte, und dass in den statischen Wirkungen gerade die spezifische Leistung des Kleinhirns zu Tage trat. Dass älteren Vorstellungen über die Verrichtungen des Kleinhirns, die Hr. Luciani ganz verworfen hatte, und die trotzdem — auch nach den klinischen Erfahrungen am Menschen — immer wiederkehrten, so doch noch eine Berechtigung zukommen konnte, war nur geeignet, den Gedanken zu unterstützen.

Auf grund dieser Erwägungen erschien mir die Prüfung geboten, ob Hrn. Lucianis Theorie des Kleinhirns zureichend war oder ob sie der Abänderung in den Grundzügen bedurfte. Die Folgen der Durch-

1) Cerv. 307.

schneidung von hinteren Rückenmarksnerven-Wurzeln in grösserer Zahl, die Folgen partieller Durchschneidungen des Rückenmarks, so dass zum Kleinhirn ziehende sensible Bahnen ausgeschaltet wurden, die Folgen von eng begrenzten Zerstörungen und von Reizungen des Kleinhirns liessen die erwünschte Aufklärung nicht gewinnen. Es blieb nichts übrig, als zu versuchen, auf demselben Wege, auf dem Hr. Luciani zu seiner Theorie geführt war, mittels ebenso ausgedehnter Kleinhirn-Exstirpationen zur Entscheidung zu gelangen. Was dabei sich ergab, will ich im folgenden darlegen.

2.

Als die reichste und klarste Quelle der wissenschaftlichen Kenntnisse über die Physiologie des Kleinhirns hat Hr. Luciani¹⁾ die Ergebnisse der vollständigen Exstirpation einer seitlichen Kleinhirnhälfte bei Hunden und Affen betrachtet, weil jede solche Kleinhirnhälfte bei weitem überwiegende Verbindungen mit den Teilen der entsprechenden Körperhälfte habe und deshalb im gegebenen Falle der Vergleich der Muskelfunktionen der beiden Körperhälften gleichwertig sei mit dem Vergleiche zweier Tiere von gleicher Rasse, gleichem Alter und gleicher Konstitution, von denen das eine in fast vollständigem Besitze der cerebellaren Innervation, das andere ihrer fast vollständig beraubt ist. Und wie Hr. Luciani, sind auch in der Folge Hr. Risien Russell²⁾, Hr. Thomas³⁾ und Hr. Lewandowsky⁴⁾ von der halbseitigen Exstirpation bei ihren Untersuchungen und Betrachtungen ausgegangen und haben die Exstirpation des ganzen Kleinhirns mehr anhangsweise behandelt. Indes ist der Vorteil jenes Vergleiches zunächst nur von untergeordneter Bedeutung und tritt weit zurück gegen den Vorteil, den die völlige Exstirpation des Kleinhirns bietet, dass die zur Beobachtung kommenden Folgen frei von den Verwickelungen sind, die im anderen Falle das weitere Wirken der erhaltenen Kleinhirnhälfte herbeiführt. Hinzukommt, was in Bezug auf die Zuverlässigkeit der Ergebnisse nicht gering zu veranschlagen ist, dass, was an den Folgen des Eingriffs auf ungehörigen Verletzungen oder Schädigungen der nervösen Nachbarorgane beruht, bei der völligen Exstirpation oft ohne weiteres durch das ungleiche Verhalten der beiden seitlichen Hälften des Tieres sich zu erkennen gibt, während es bei der halbseitigen Exstirpation erst durch eine genaue anatomische Untersuchung aufgedeckt und manchmal auch durch diese nicht sicher festgestellt

1) Klh. 282.

2) Phil. Transact. R. Soc. London 185. 1894. B, 819.

3) Le Cervelet. Paris 1897.

4) Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1903. 129.

werden kann. Wir wollen deshalb die Totalexstirpation unserer Untersuchung zugrunde legen; und wir halten uns an die einseitige Total-
extirpation, weil die Folgen des Kleinhirnverlustes schon durch vorher
eingetretene Kompensationen seitens anderer Teile des Zentralnerven-
systems verdunkelt sind, wo man erst durch mehrmaliges Exstirpieren
bis zur Totalexstirpation vorschreitet. Wo es von Nutzen für die Unter-
suchung sein kann, werden wir die halbseitige Exstirpation mit heran-
ziehen.

Bisher liegen nur wenige Fälle vor, in denen man den Folgen der
Totalexstirpation beim Hunde und beim Affen nachgehen konnte¹⁾, und

1) Unter den 6 Fällen „unvollkommener und vollkommener beiderseitiger Ab-
tragung des Kleinhirns“, die Luciani vorgeführt hat (Cerv. 120—41 und Linee
generali della Fisiologia del Cervelletto, Firenze 1884), sind die besten Fälle Affe Δ ,
der 17 Tage lebte, und Affe Ω , der erst nach 19 Monaten starb. Hund Y, dessen
Kleinhirn vollkommen exstirpiert war, hatte am Tage nach der Operation epileptische
Anfälle und starb schon in der zweiten Nacht. Beim Hunde Z, bei dem die mit der
Operation verbundene Blutung verhindert hatte, sich der Totalexstirpation zu ver-
gewissern, und der nach einem Jahre infolge des missglückten Versuches, durch eine
neue Operation die Exstirpation zu vervollkommen; zugrunde ging, fanden sich am
Pons zwei kleine symmetrische Massen von Kleinhirnschubstanz, und alle sonstigen
Reste des Kleinhirns waren vom Narbengewebe umhüllt und zusammengeballt, so
dass man unversehrte Substanz nicht entdeckte; aber die zur Gangrichtung schiefe
Körperhaltung, die der Hund stets zeigte, weist darauf hin, dass doch unter dem
Narbengewebe unversehrte Substanz entweder nur auf der einen Seite oder auf beiden
Seiten, und zwar auf der einen Seite in grösserer Ausdehnung als auf der anderen,
zurückgeblieben war und sich der Konstatierung entzogen hat. Am Hunde F, der
die dreizeitige Exstirpation $1\frac{3}{4}$ Jahr überlebte, zeigte sich rechterseits „ein wenig
bedeutender Rest“, linkerseits aber „die ganze untere äussere Portion des Kleinhirns“
erhalten. Und ebenso war die Exstirpation unzureichend am Hunde A, der trotz
septischer Infektion acht Monate am Leben blieb. Bei der Sektion wurde beiderseits
die Flocke unversehrt gefunden und erschien der Rest der „Uvula oder des Vorder-
wurms“ degeneriert; aber bei diesem ersten am Leben erhaltenen Hunde war die
tiefste, den 4. Ventrikel überwölbende Schicht des Wurms zurückgelassen und nur
mit einem Häkchen zerfetzt worden, und Luciani sagt später selber (Cerv. 3), „die
Erfahrung habe ihn belehrt, dass man durch solches Operieren nicht dazu gelangt,
die vollkommene Degeneration der Uvula oder des Vorderwurms zu erhalten“. Auch
bei den 3 Affen von Ferrier und Turner (Phil. Transact. R. Soc. Lond. 185. 1894.
B, 722) war ausser Stummeln der Flocke ein Fragment des „unteren Wurmfortsatzes,
der sich über einen Teil des 4. Ventrikels wölbt“, stehen geblieben; die Reste waren
bei dem Affen, der nur 3 Tage lebte, am kleinsten und grösser bei den Affen, die am
5. Tage, bezw. nach $2\frac{1}{2}$ Monaten starben, so dass hier ausser den Vierhügeln nur
der Calamus scriptorius freigelegt war; am längstlebigen Affen bestand die Deckschicht
hauptsächlich aus degeneriertem und Narbengewebe. Wie es mit Russells 4 Hunden
steht, welche die teils ein- teils zweizeitige Totalexstirpation überlebten (a.a.O. 852—4),
lässt sich aus den wenigen Worten über das Verhalten der Tiere nicht entnehmen.
Bei Thomas' 3 Hunden H, I, J, die 45, 88, 75 Tage lebten (a. a. O. 252—62), soll
bloss die Flocke erhalten gewesen sein, aber die Abbildungen der Hirne und das

soweit sich die Fälle übersehen lassen, entsprachen sie meist nicht den zu stellenden Anforderungen. Es handelt sich aber auch um eine recht schwierige Operation, da, weil die Sinus transversi geschont werden müssen, nur eine verhältnismässig kleine Oeffnung im Schädeldache am hinteren Ende des Kleinhirns sich herstellen lässt und durch diese Oeffnung das ganze Kleinhirn unter Durchtrennung seiner Stiele und Zerreissung der Marksegel zu entfernen ist, ohne dass die dicht vor, unter und hinter ihm gelegenen, sämtlich funktionell bedeutsamen Organe auch nur durch Zug oder Druck geschädigt werden. Ich fand es dafür nötig, von Hrn. Lucianis Verfahren¹⁾ so abzuweichen, dass ich nach der Freilegung des Kleinhirns vor jeder Inangriffnahme des Wurms die Hemisphären beseitigte, so dass für die Behandlung des Wurms Raum geschafft war, und von der Benutzung des scharfen Löffels ebenso, wie sonst bei meinen Gehirnoperationen, absah. Mit einem feinen Messer ging ich den seitlichen Rand des Wurms entlang an der hinteren Seite des Tentoriums bis zu dessen Ende vor und trennte durch einen bis zur Höhe des Kleinhirnstieles senkrecht zur Oberfläche, danach ein wenig schief nach unten aussen geführten Schnitt die Hemisphäre ab. An der Schnittstelle schob ich ein ebenso dünnes, doch breiteres Stäbchen ein und drückte mit ihm die Hemisphäre nach aussen und hinten, wodurch sie, gewöhnlich als ein Ganzes, am seitlichen Rande der Schädelöffnung herausbefördert wurde. Nachdem mit der zweiten Hemisphäre ebenso verfahren war, ging ich auf der Konvexität des Wurms mit zwei Stäbchen von hinten nach vorn so vor, dass ich regelmässig abwechselnd mit dem einen flach angelegten Stäbchen fixierte und einen leichten Zug nach hinten ausübte, während ich das andere Stäbchen etwas weiter vorn ebenso zur Anlagerung brachte, bis ich das inzwischen etwas zurückgebogene vordere obere Ende des Wurms erreicht hatte und ein oder beide Stäbchen an dessen vordere Fläche legen konnte. Auf einen allmählich verstärkten, aber immer nur schwachen Druck nach hinten oben gab alsdann plötzlich ein Widerstand nach — das vordere Marksegel war zerrissen — und liess sich der ganze vordere Teil des Wurms nach hinten und etwas zur

Rollen der Tiere lehren, dass wesentlich mehr vom Kleinhirn zurückgeblieben war, wie es auch bei der zu schmalen Schädelöffnung (232—3) nicht wohl anders sein konnte; in zwei Fällen waren die Vierhügel verletzt. Endlich hat Lewandowsky, der 3 hierhergehörige Hunde beobachtet zu haben scheint, bei dem einen Hunde, der über 5 Monate am Leben blieb, „totales Fehlen des Kleinhirns, Nebenverletzung des rechten Acusticus“ als Sektionsergebnis erhalten (a. a. O. 189). „Eine ideale Total-exstirpation ohne Rest“, sagt noch Lewandowsky (139), „ist mir einmal gelungen bei einer 14 tägigen Katze, welche die Operation 3 Wochen überlebte“; von dieser Katze ist jedoch nur mitgeteilt, dass sie eine halbe Stunde nach der Operation wieder an den Zitzen der Mutter lag und anstandslos schluckte (175).

1) Cerv. 2 ff.

Seite zurückschlagen und mit der Schere abtrennen. Endlich schob ich nach Zerreißung der *Tela chorioidea inferior* ein Stäbchen dicht an der unteren Fläche des hinteren Theiles des Wurms, diesen emporhebend und mit der Schere beiderseits den Rest des Kleinhirnstieles etwas schief nach aussen oben durchschneidend, weiter und weiter vor, bis sich der ganze hintere Teil des Wurms umschlagen und beseitigen liess. Die Vierhügel mit der Mündung des *Aquaeductus Sylvii* und der ganze Boden des vierten Ventrikels mit den Stümpfen der durchtrennten Kleinhirnschenkel waren freiliegend zu sehen, und das Kleinhirn war bis auf ein jederseitiges Stück der Flocke exstirpiert.

In Anbetracht der Schwierigkeit der Operation brauche ich kaum zu sagen, dass selbst noch als ich im Verfahren geübt war, mir reichlich Versuche misslangen, weil einmal diese, einmal jene der feinen Manipulationen nicht nach Erfordern zur Ausführung kam. Nicht minder grosse Verluste verursachten die Blutungen, die mit der Exstirpation verbunden waren. Manchmal allerdings liessen sich die Blutungen — beim Affen öfter als beim Hunde — durch Tamponieren und Torquieren so gut beherrschen, dass ich das Operationsfeld blutfrei zurücklassen konnte, wenn ich die Wunde schloss. Anderemal aber waren sie nicht anders zu stillen, als dass dünnere oder dickere Lagen geronnenen Blutes auf den freigelegten Zentralorganen und zu ihren Seiten verblieben; und dann war ein Teil der Versuche verunglückt, weil das Blut den *Bulbus* umflossen oder zu weit nach vorn oder hinten sich verbreitet hatte und Organe, die beim Operieren unversehrt geblieben waren, später doch geschädigt sich erwiesen. Ich bin deshalb nicht im Zweifel, dass hinsichtlich der Zahl der Verluste mein Verfahren dem Lucianischen nachsteht. Aber es hat dafür den Vorzug, auf den es ankommt, dass, wo es glücklich durchgeführt wurde, nicht nur das Zurückbleiben wirksamer Reste vom Kleinhirn verhütet ist, sondern auch die angrenzenden nervösen Organe unversehrt erhalten sind. Nicht einmal in der so empfindlichen Atmung brachte hier die Exstirpation eine Veränderung mit sich, während doch die epileptischen Krämpfe, die Hr. Luciani öfters nach Aufdeckung des *Sinus rhomboidalis* mit Chloral bekämpfen musste, wie die Brechbewegungen, die Atemstörungen und die Muskelaktionen, die sonst noch die Experimentatoren bei der Operation beobachteten, schon grob die Verletzung von Nachbarorganen zu erkennen gaben. Und ebensowenig stellten sich hier nach der Operation Strabismus oder Nystagmus ein oder beim Hunde eine Störung in der Nahrungsaufnahme: diese sonst fast regelmässig gefundenen Abnormitäten traten nur bei Versuchen auf, die durch Nebenverletzungen oder Blutungen misslungen waren.

Den Flockenrest habe ich mit Vorsatz zurückgelassen, um den anliegenden Nervus acusticus nicht zu gefährden, der durchaus unverseht bleiben muss. Der Vollkommenheit der Exstirpation konnte damit nicht über den äusseren Anschein hinaus Eintrag geschehen, da der Flockenstiel durchtrennt war: und dafür habe ich auch die tatsächlichen Belege erhalten. Denn bei manchen Versuchen ist es wider meine Absicht zur Exstirpation auch der Flocke gekommen, und unter diesen Versuchen haben ein paar Fälle, in denen auf Einer Seite, wie ein Fall, in dem auf beiden Seiten die Flocke gänzlich mit entfernt war, weil hier zufällig nicht die Acustici verletzt waren, in den Ergebnissen keine Abweichungen von den Versuchen, bei denen die Flockenreste erhalten waren, gezeigt. Wie zu erwarten, haben sich auch keine Abweichungen von den sonstigen Ergebnissen dort herausgestellt, wo bei der Abtragung des vorderen Theiles des Wurms das vordere Marksegel nicht glatt zerrissen und ein wenig Kleinhirnschubstanz als kurze dünne Deckscheibe des vorderen Endes des Ventrikels zurückgeblieben war. Einem solchen Uebelstande lässt sich sehr wohl noch bei der Operation abhelfen, indem man den verbliebenen Rest zugleich mit dem hinteren Theile des Wurms entfernt. Aber immerhin läuft man dabei Gefahr, die Partie unter den Vierhügeln zu verletzen, und man kann nach meinen Erfahrungen den kleinen Rest auch stehen lassen, ohne dass der Versuch dadurch an Wert verliert.

Für die halbseitige Exstirpation ging ich so vor, dass ich — nach Eröffnung des Schädels über dem Wurm und einer Hemisphäre — in derselben Weise, wie bei der Totalexstirpation, die eine Hemisphäre entfernte und vom hinteren Ende des Wurms her den Rest des gleichseitigen Kleinhirnstieles durchschnitt. Bei einer Reihe der Versuche habe ich es dabei bewenden lassen. Bei der anderen Reihe fügte ich noch die Exstirpation der gleichseitigen Hälfte des Wurms hinzu, indem ich diesen von der Konvexität aus in der Medianebene gegen das an seine untere Fläche angelegte Stäbchen hin glatt durchschnitt, und zwar zunächst in seinem hinteren Theile und nach Loslösung des beiderseits frei gewordenen Stückes auch in seinem, mit dem Messer etwas nach hinten gezogenen vorderen Theile. Es hat mir aber nicht gelingen wollen, die Durchschneidung am vorderen Theile gänzlich durchzuführen, ohne dass ich Nebenverletzungen machte, und ich habe mich deshalb dazu verstehen müssen, das vorderste unterste Stück des Wurms ungeteilt zurückzulassen. Schwerlich ist dadurch die Ungenauigkeit, die diesen halbseitigen Exstirpationen ohnedies schon infolge der groben Halbierung des Wurms und der wechselnden Schädigung seiner zu erhaltenden Hälfte anhaftete, wesentlich erhöht worden.

Die operierten Tiere¹⁾ habe ich ohne besondere Vorkehrungen in Käfigen und Kisten, auch frei im Zimmer und soweit als möglich unter meinen Augen gehalten und in einer ansehnlichen Zahl durch mehrere Wochen, in einer kleineren Zahl durch mehrere Monate (bis zu 19 Monaten) beobachtet. Die kurzlebigen Tiere gingen meist dadurch zugrunde, dass sie, während sie von selber nur selten und wenig sich bewegten, für die Zwecke der Untersuchung zu grösseren und längeren Bewegungen veranlasst wurden. Infolge ihrer Ungeschicktheit schlugen sie beim Fallen und Stürzen früher oder später einmal so heftig mit dem Kopfe auf, dass Hirnblutungen und epileptische Anfälle oder shockartige Zufälle die Folgen waren; seltener erschienen sie nur übermässig aufgeregt und angestrengt, liessen in der Nahrungsaufnahme nach und verfielen auffällig rasch. 2—3 Wochen nach der Operation war die Wunde per primam verheilt. Nach der Totalexstirpation war die Dura mit dem Bindegewebe an der unteren Seite der die Schädelöffnung bedeckenden Nackenmuskeln verwachsen, und so war über den freigelegten Hirnteilen, die das normale Aussehen darboten, eine geschlossene enge, nur ein wenig Cerebrospinalflüssigkeit enthaltende Höhle hergestellt. In den Fällen halbseitiger Exstirpation war die erhaltene Kleinhirnhälfte nach der Exstirpationsseite hin verschoben und die schief gestellte Schnittfläche des Wurms mehr oder weniger mit der duralen Narbe verwachsen.

3.

Wie nach den älteren Erfahrungen zu erwarten stand, erwies sich auf den Gesichtssinn, den Gehörssinn, den Geschmackssinn, den Geruchssinn und weiter die psychischen Funktionen der Verlust des Kleinhirns ohne Einfluss, ebenso auf die vegetativen Funktionen, und fielen lediglich in den Bereich der Motilität und Sensibilität die Störungen, die an den Tieren zur Beobachtung kamen. Doch geben die vorliegenden Angaben und Versuchsprotokolle weder ein überall zutreffendes noch insbesondere ein zureichendes Bild von den Störungen, und ich will deshalb zunächst das Verhalten der Tiere schildern, wie es nach glücklich durchgeführter Totalexstirpation in regelmässiger Wiederkehr und bei Hund und Affen in grosser Uebereinstimmung sich zeigte.

Der für die Operation mit Aether narkotisierte Affe machte, sobald die Narkose sich verlor, mit anfangs langen, später kürzeren Pausen oft wiederholte Versuche, sich aus der Seitenlage zu erheben, mittels

¹⁾ Die Hunde waren mittelgross, ca. 1 Jahr alt und ca. 6 kg schwer; die Affen waren ansehnlich grosse und recht kräftige Makaken (*Rhesus*).

kurzer, zunächst schwacher, dann stärkerer Bewegungen von Kopf, Rumpf und Extremitäten. Doch was man sonst, auch nach grossen Eingriffen, bald folgen sieht, dass der Affe zum Sitzen kommt und sitzen bleibt, trat hier nicht ein. Zunächst fiel der Affe immer wieder in die Seitenlage zurück, ehe es ihm gelang, sich in die Brustbauchlage zu bringen und darin sich zu behaupten; wenn er in der Folge auf den Armen sich erhob, fiel er alsbald wieder in die Brustbauch- oder Brustbeckenlage nieder; und stellte er sich weiterhin vorn auf die Arme und setzte er die Beine in Bewegung, so fiel er sogleich nach der einen oder anderen Seite um, zuweilen auch schief hintenüber auf die Seite, so dass der Kopf, der vorher vorn sich befand, hinten zu liegen kam und umgekehrt. Auch wenn zum Beginn der Bewegung die Hand einen Gitterstab erfasst hatte, war es ebenso; die Hand ging mit dem Rumpfe abwärts. Früher oder später liessen dann die vergeblichen Aufstehversuche nach, und der Affe verblieb in der vollen oder mehr zur Seite geneigten Brustbauch- oder Brustbeckenlage bei normaler Haltung der Körperteile. So fand man ihn wieder am Morgen nach der Operation und immer wieder in den folgenden Tagen, wenn er sich selbst überlassen blieb. Er bewegte nur öfters den Kopf oder eine Extremität und veränderte hin und wieder seine Lage derart, dass er zwischen der vollen und der mehr nach rechts und der mehr nach links geneigten Brustbauch- und Brustbeckenlage wechselte und sich auf dem Boden hierhin oder dorthin etwas verschob, besonders um die vorgelegte Nahrung mit den Händen fassen zu können. Den Lagewechsel vollführte er dabei nach rechts, indem er in der Regel ein Stück rechts herum, selten linksherum rollte¹⁾, und nach links, indem er in der Regel ein Stück linksherum, selten rechtsherum rollte.

Aber zu grösseren Bewegungen kam es jedesmal, wenn der Affe, weil er sich bedroht sah oder glaubte, in Angst oder Zorn geriet. Manchmal schon, wenn erst 6—8 Stunden seit der Operation verflossen waren, brachte er sich aus der Lage am Boden, unter einer kleinen Drehung um die Längsachse nach dieser oder jener Seite, in die Sitzstellung, entweder auf einen Ruck oder unter raschem Hin- und Herschwanken von Rumpf und Kopf, so dass der Kopf heftig an die Wand schlug; selten einmal stellte er sich blitzschnell auf den vier Extremitäten auf. Regelmässig schlug er dann, kaum dass er stand, nach der Seite um oder in die Brustbauchlage nieder; und manchmal fiel er auch, kaum dass er sass, nach hinten oder vorn oder zur Seite auf den

1) Die Richtung des Rollens, der mit einer Drehung um die Längsachse verbundenen Lokomotion, bezeichne ich nach der Seite des Tieres, nach der hin die Bewegung erfolgt, wenn man auf den Rücken des Tieres sieht.

Boden. Hatte er jedoch, indem er sich zum Sitzen erhob, wie es meist geschah, zugleich mit einer oder beiden Händen das Gitter erfaßt oder die Anlehnung eines Rumpfteiles an eine Wand des Käfigs gefunden, so blieb er für kurze Zeit in der Sitzstellung mit konvexem Rücken und gesenktem Kopfe und fiel erst, wenn er sich bewegte oder die Hand vom Gitter liess, plötzlich um oder sank allmählich in sich zusammen und auf den Boden herab. Am Tage nach der Operation konnte unter denselben Umständen der Affe schon länger in der Sitzstellung sich halten. Auch stellte er sich am Gitter, die Stäbe hoch oben mit den Händen umfassend, auf den Beinen auf oder kletterte an den Stäben auf- und abwärts, gewöhnlich mit Kopf und Rumpf stark schwankend und mit dem Kopfe an das Gitter schlagend. Oefters, war er so emporgeklettert, trat er vom Gitter auf die Querstange des Käfigs über, bewegte sich auf ihr verschiedentlich und kletterte wieder am Gitter herunter oder legte sich auf die Stange und liess sich von ihr herab, mit den Händen sich an der Stange haltend, bis die Füße auf dem Boden waren. Dass er nach Affenart vom Boden auf die Stange und umgekehrt sprang, kam nicht vor. Auf den Fussboden des Zimmers gelegt, brachte er sich sofort auf die Extremitäten und begann zu gehen; und er ging höchst ungeschickt, halbhoch oder — vorn und hinten oder nur vorn — hoch den Rumpf tragend, die Extremitäten in abnormer Reihenfolge und mit abnormen Pausen vorbewegend und mannigfach verschieden aufsetzend, bei jedem Schritte umfallend und sich sogleich wieder erhebend, bis er die Zimmerecke oder die Rückseite der Käfige, wo er sich sicher glauben konnte, erreicht hatte und sich in Brustbauchlage niederliess. War er vorher an einen Tischfuss oder ein Gitter gelangt, so fasste er an und stellte sich auf, kletterte auch zuweilen, ging jedoch bald gleichfalls zur Brustbauchlage am Boden über. Der Affe konnte bei solchem Gehen ein paar Meter zurücklegen; aber bei so langem Wege unterbrach er mehrmals das Gehen, indem er, nachdem er gefallen, für kurze Zeit in Brustbauchlage liegen blieb, und war er schliesslich sehr erschöpft: seine Bedrohung hatte jetzt zunächst nicht mehr zur Folge, als dass er sich erhob, ein paar Beine setzte und umgesunken liegen blieb, und führte erst nach längerer Zeit ein neues Gehen herbei. An den folgenden Tagen gewannen die Bewegungen des Affen an Grösse und Geschwindigkeit. Aus dem ungeschickten Gehen wurde ein ungeschicktes, schwankendes, hüpfendes oder sprungweises Laufen, wobei der Affe, nachdem er die Beine nach vorn gebracht hatte, für einen Moment zum Sitzen kam, ehe er die Arme vorstreckte; und das Umfallen und das Pausieren in Brustbauchlage wurden seltener, wenn sie auch immer noch häufig erfolgten. Geriet der Affe bei seinem Laufen an die Wand, den Schrank, den Käfig, so blieb er angelehnt längere

Zeit sitzen, bis ihn eine Bewegung, die er machte, umfallen liess. Aus solchem Sitzen, aber auch inmitten des Laufens, versuchte er zuweilen mit einem mächtigen Hochsprunge auf den Schrank, den Stuhl, das Fensterbrett zu kommen, aber obwohl er hoch genug sprang, erreichte er nie sein Ziel und stürzte davor oder daneben zu Boden.

Etwa 10 Tage nach der Operation wurde der Affe, der bis dahin nie von selber aus der Lage am Boden sich erhoben hatte, frei im Käfig sitzend gefunden, auf einen oder beide Arme gestützt, und fortan verblieb er in der Sitzstellung, in der er bald auch jeder Unterstützung seitens der Arme entbehren konnte. Allerdings schwankte er manchmal vorübergehend hin und her; und gelegentlich fiel er auch um, zuerst öfter, dann seltener, aber jedesmal kehrte er sogleich vom Boden in Sitzstellung zurück. Er liess sich auch auf den Boden herab, um Milch aus dem Napfe dort zu trinken, aber nachdem er getrunken hatte, war er alsbald wieder in der Sitzstellung. Nur wenn er durch das Laufen im Zimmer übermüdet in den Käfig zurückgesetzt war, behielt er längere Zeit die Brustbauchlage bei, ehe er sich aufsetzte. Und ähnlich wie in seiner früheren Lage am Boden, war sein Verhalten in der neuen Sitzstellung: sich selbst überlassen, bewegte er öfters den Kopf und die Extremitäten, hin und wieder den Rumpf, verschob sich auch auf seinem Platze ein wenig, aber grössere Bewegungen machte er nicht; und nur wenn er sich bedroht sah und solange er in Angst war, stellte er sich am Gitter auf, kletterte er usw.

Um dieselbe Zeit, wie im Käfig, trat beim Gehen und Laufen im Zimmer als Ruhestellung an die Stelle der Brustbauchlage die Sitzstellung: in den kurzen Pausen, die er während eines längeren Weges machte, wie zum Schlusse des Gehens blieb jetzt der Affe frei sitzen. Fiel er um, so setzte er sich sogleich wieder auf; aber ohne Not machte er noch keinen Schritt. Selbst die Lieblingsspeise am Boden in etwas grösserer Entfernung, als dass er sie mit der Hand erreichen konnte, vermochte ihn vorerst nicht zum Gehen zu verlocken; es geschah dann nur, dass der Affe sich in Brustbauchlage niederliess, sich soweit als nur möglich streckte und auch mit den Beinen etwas vorwärts schob, um das Stück zu gewinnen. Doch schon an einem der nächsten Tage bewog ihn die Mohrrübe, einen oder ein paar Schritte zu gehen; immerhin prägte sich, wie schwer ihm das Gehen wurde, darin aus, dass er nicht an das Stück heranging, bis er es bequem mit der Hand fassen konnte, sondern, sobald er einigermaßen in die Nähe gekommen war, sich wieder niederliess, sich aufs äusserste streckte und den Arm reckte, bis er das Stück knapp mit der Hand erreichte. Waren etwa 15 Tage seit der Operation verflossen, so holte sich der Affe mit schwankendem Gange, ohne zu pausieren, die Mohrrübenstücke schon aus 2—3 Meter

Abstand, und jetzt kam es auch gelegentlich einmal vor, dass er einige Schritte ohne erkennbaren äusseren Anlass ging.

Der in der Morphinum-Aether-Narkose operierte Hund verblieb, wenn er nicht gestört wurde, am Tage der Operation schlaff auf der Seite liegend in ruhigem Schläfe oder machte nach Ablauf der Aethernarkose zeitweilig unter Wimmern kurze Bewegungen derart, dass der Kopf nach dem Nacken zurückging und die Beine sich streckten, zuweilen auch die Hinterbeine wie beim Gehen abwechselnd sich beugten und streckten. Ausserst selten geschah es, dass er auch in den Pausen zwischen diesen Bewegungen einmal den Kopf hob und drehte oder ein Vorder- oder Hinterbein beugte und streckte. Am nächsten Tage aber, wenn auch die Morphinumnarkose sich verloren hatte, machte er regelmässig, manchmal unter Winseln und Schreien, Versuche, sich aus der Seitenlage zu bringen und zu erheben, spärliche oder häufigere, doch auch im letzteren Falle nicht gerade zahlreiche, dabei in unregelmässigem Wechsel schwache und kräftige Versuche, die alle erfolglos waren. Und diese Versuche setzte er durch die folgenden Tage mit längeren, oft viele Stunden langen Pausen fort. Es war alles ebenso, wenn er auf der rechten Seite lag, wie wenn er sich in der linken Seitenlage befand, nur dass in der Richtung der Bewegungen immer rechts mit links und links mit rechts vertauscht waren; und wir wollen ihn in der linken Seitenlage annehmen, um seine Bewegungen zu übersehen. Die Regel war, dass er den Kopf hoch nach rechts und mehr oder weniger weit nach hinten nahm und danach Rumpf und Beine in Bewegung setzte. Entweder hob er auf den schief nach vorn gestellten Vorderbeinen die Brust empor und zog schliesslich, mit oder ohne Drehung des Beckens rechtsherum, die Hinterbeine unter den Bauch; oder, was selten geschah, er brachte zuerst die Hinterbeine unter den Bauch und suchte zuletzt sich vorn aufzustellen. Immer schlug er dann bei der letzten Beinbewegung um und fiel entweder in die linke Seitenlage zurück oder, rechtsherum rollend, in die rechte Seitenlage über oder hin und wieder auch, wenn er sich vorn ansehnlich hoch erhoben hatte, rücklings hintenüber in die eine oder die andere Seitenlage. Wo er ausnahmsweise den Kopf am Boden liess oder nur wenig hob, war es das Häufigste, dass er bei etwas nach vorn verstellten Vorderbeinen oder an den Bauch gezogenen Hinterbeinen, mit den Beinen strampelnd, sich im Kreise um die linke Beckenseite ein Stück rückwärts am Boden verschob. Anderenfalls drehte er den Kopf etwas nach links, brachte die Vorderbeine nach vorn, zog, unter Drehung des Beckens rechtsherum, die Hinterbeine unter den Bauch und fiel sogleich, rechtsherum rollend, in die rechte Seitenlage über. Neben alledem kam es vereinzelt vor, besonders am Tage nach der Operation, dass er zuerst den Kopf etwas nach rechts

drehte, dann den Rumpf etwas linksherum drehte, so dass der Bauch mehr oder weniger nach oben sah, und mit den Beinen in der Luft strampelnd, linksherum in die rechte Seitenlage rollte.

Erst $1\frac{1}{2}$ —2 Wochen nach der Operation kam der Hund dahin, dass er sich für die Dauer in der normalen Brustbauch- oder Brustbeckenlage, nur zeitweise etwas hin und her schwankend, behaupten und von ihr aus weitere Versuche unternehmen konnte. Aufregungen des Hundes verfrühten nicht merklich den Termin, wenn auch, sobald der Hund in Angst oder Zorn geriet — was in den ersten Tagen nach der Operation schon Anfassen, zuweilen schon das blosse Beobachten des Hundes, später bei der Zähmheit des Tieres erst Kneipen des Schwanzes und dergl. herbeiführten —, jedesmal die Bewegungen rascher und grösser waren und manchmal mehrere Bewegungen gleicher oder ungleicher Art sich eng an einander reihten. Fortan aber beschleunigten Aufregungen und Anregungen sichtlich den Fortschritt. Zunächst allerdings schlug der Hund, kaum dass er sich auf die Beine gestellt hatte, um. Nur wenn er sich so erhob, dass er sich mit einer Rumpfseite an die Wand, den Schrank und dergl. lehnte, konnte er eine Weile stehen oder sitzen, bis eine Bewegung, die er machte, ihn umfallen liess. Aber bald verband er unmittelbar mit der Hebung die Vorwärtsbewegung des Rumpfes; und nachdem er einigemal auf den Dorsalseiten der Vorderfüsse oder auf den Vorderarmen gerutscht war, machte er mit Vorder- und Hinterbeinen einen ersten ungeschickten Schritt. Er fiel sogleich um und verharrte lange in der Brustbauch- oder Brustbeckenlage. Doch liess er sich durch zerstreute Fleischstücke am Boden zu immer neuen Schritten bewegen, wofern er die Stücke nicht auf die Weise erreichen konnte, die er bevorzugte, dass er sich auf dem Boden lang ausstreckte und reckte und nötigenfalls noch mit den Hinterbeinen vorwärtsschob. Und mit der Zeit beschleunigten sich die Schritte, die auch hüpfend oder sprungartig sich gestalteten, und schlossen sie sich mehr an einander, so dass es weniger oft zum Umfallen kam; zugleich wurden die Pausen, die mit dem Umfallen verknüpft waren, immer kürzer, bis nur noch nach einer Anzahl von Schritten der Hund einige Zeit liegen bleiben musste, ehe er wieder zu gehen imstande war. Wenn 3—4 Wochen seit der Operation verflossen waren, konnte der Hund rasch 2—3 Meter nach dem Fleischstücke oder nach dem gewohnten Ruheplatze gehen, schwankend und wiederholt umfallend — allermeist zur Seite, hin und wieder kopf- oder hintenüber —, aber sofort sich wieder aufrichtend, mit Abnormitäten in der Haltung des Rumpfes wie im Vorbewegen und Aufsetzen der Beine.

Des weiteren besserten sich Gehen und Laufen, gleichmässig beim Hunde und beim Affen, indem es immer seltener zu einem wirklichen

Umfallen kam. Die Tiere fielen wohl noch nach rechts und nach links über, aber sie schlugen dabei zunächst nicht mehr regelmässig in die Seitenlage um, sondern berührten meist nur für einen Moment mit der Schulter oder dem Becken den Boden, ehe sie sich erhoben, und später erreichte der fallende Rumpf sogar meist gar nicht mehr den Boden, sondern kehrte schon, wenn er sich diesem mehr oder weniger genähert hatte, in die Höhe zurück. Der anfängliche schwankende Gang mit häufigem Umfallen wandelte sich so in einen torkelnden oder taumelnden Gang mit seltenem Umfallen um, der dem des Betrunknen ähnelte. Zu gleicher Zeit nahmen die Ruhepausen, die bei einem längeren Wege der Hund in der Brustbauchlage, der Affe in der Sitzstellung machte, mehr und mehr an Zahl und Dauer ab. Auch setzten sich die Tiere öfter in Bewegung und bewegten sich ungezwungener. Die Hunde suchten einander auf, um zu spielen, und gingen beriechend und beleckend der eine um den anderen herum. Sie stellten sich in und an den hohen Kisten, die ihnen als Lager dienten, mit einem Ruck hoch auf den gestreckten Hinterbeinen auf, legten die Vorderbeine auf den Rand der Kiste und warfen sich heraus oder hinein; war einem Hunde die Kiste zu hoch, so kletterte er noch oder strampelte er sich mit den Beinen empor, bis er sich hinüberwerfen konnte. Die Affen liefen zu den Käfigen der Genossen, um sitzend oder am Gitter hängend sich krauen zu lassen, und veränderten viel ihre Stellung, drehten und wanden sich, gerade wie es not tat, um immer neue Stellen ihres Pelzes unter die reinigenden Hände zu bringen. Und dergleichen mehr. Aber die Besserung, die in der ersten Woche rasch fortschritt, verlangsamte sich auch rasch in den nächsten Wochen und war beim Affen etwa 5 Wochen, beim Hunde 7—10 Wochen nach der Operation im wesentlichen abgeschlossen. Die Tiere blieben, auch wenn sie noch viele Monate länger lebten, mit unversehrten verglichen, weniger beweglich: nicht nur nahmen sie seltener Ortsveränderungen vor, sondern sie bewegten auch in der Ruhestellung, der Affe im Sitzen, der Hund in der Brustbauch- oder Brustbeckenlage, mit Ausnahme des Kopfes weniger die Körperteile. Gelegentlich schwankten sie in der Ruhestellung hin und her, und es kam sogar vor, dass der Affe aus dem Sitzen zu Boden fiel. Zum freien Stehen kam es beim Affen nicht, da er sich immer sogleich setzte, und beim Hunde nur in seltenen Fällen, wenn gerade alle seine Beine in starker Abduktion auf dem Boden standen, aber dann auch meist nur für kurze Zeit, indem das drohende Fallen ihn zum Gehen antrieb; mit einer Seite des Rumpfes gegen die Wand, den Schrank gelehnt, konnte der Hund länger stehen und sitzen, doch kam er früher oder später ins Schwanken und setzte sich in Bewegung. Der Gang der Tiere blieb taumelnd und in der Haltung des Rumpfes

wie in der Bewegung der Beine ungeschickt und unregelmässig. In raschem Gehen oder Laufen konnten die Tiere ununterbrochen mehrere Zimmer durchmessen, aber gewöhnlich nahmen sie schon nach kürzeren Wegen, wenigstens für eine Weile, wieder die Ruhestellung ein — der Hund, indem er sich in die Brustbauchlage nicht niederlegte, sondern niederfallen liess —, oder fielen sie sogar, der Hund häufiger als der Affe, um. Unter passender Anregung liessen sie sich durch 10—15 Minuten mit kurzen Ruhepausen im Gange erhalten, aber je später, je mehr taumelten sie, und desto häufiger fielen sie um, und schliesslich waren sie erschöpft. Liefen sie in Aufregung sehr rasch, so stellten sich das häufige Umfallen und die Erschöpfung schon früher ein. Das Umfallen erfolgte gerade so, wie von Anfang an, allermeist zur Seite, manchmal hintenüber, hin und wieder vornüber, und oft schlugen die Tiere heftig auf den Boden auf; fielen sie so zur Seite, z. B. nach links um, dass sie über die linke Seitenlage hinaus einigermaßen auf dem Rücken zu liegen kamen, die Beine schief nach oben in der Luft, so brachten sie sich meist durch Rollung rechtsherum in die linke Seitenlage, zuweilen aber auch durch Rollung linksherum in die rechte Seitenlage, ehe sie sich erhoben. Waren den Hunden die Augen verbunden und hatten sie sich über den Verband beruhigt, so war ihr Verhalten nicht weiter verändert, als dass sie langsamer gingen und nicht lange dieselbe Richtung einhielten, sondern in Bögen rechtsum und linksum sich bewegten. Liess man die frei im Zimmer gehaltenen Hunde längere Zeit im engen Käfig verbleiben, in dem sie so gut wie immer lagen, so war ihr Gang danach zunächst schlechter als zuvor, ungeschickter und stärker taumelnd, und besserte sich wieder mit der Zeit.

4.

Die Störungen, die sich an den kleinhirnlosen Tieren fanden, sind damit nicht erschöpfend dargelegt, es wird vielmehr in der Folge noch vielerlei beizubringen sein, aber mit dem geschilderten Verhalten der Tiere ist eine passende Grundlage für die weitere Untersuchung und Betrachtung gewonnen.

Seitdem Magendie die Säugetiere nach Verstümmelungen des Kleinhirns sich überschlagen, rollen usw. sah, sind den Physiologen „Zwangsbewegungen“ und Kleinhirn in der Vorstellung eng verbunden geblieben; und auf den Zwangsbewegungen, die wegen des baldigen Todes der Tiere allein zur Beobachtung gekommen waren, haben sich sogar Theorien der Funktion des Kleinhirns aufgebaut. Dem entgegen hat die Lucianische Untersuchung an langlebigen Hunden und Affen den Zwangsbewegungen für die Erkenntnis der Kleinhirnfunktion erst die zweite Stelle hinter

den Erscheinungen, die nach ihrem Ablaufe sich darbieten, zugewiesen. In diesen späteren Erscheinungen erkannte Hr. Luciani¹⁾ die wahren Ausfallserscheinungen, d. h. die Erscheinungen, die den Defekt oder Ausfall der Kleinhirnfunktion zum Ausdruck bringen, — in Verbindung mit bald hinzutretenden kompensatorischen Erscheinungen infolge einer organischen Kompensation seitens der unversehrt gebliebenen Kleinhirnteile, bestehend in einer allmählichen Abschwächung der Ausfallserscheinungen, oder infolge einer funktionellen Kompensation seitens anderer Gehirnzentren, bestehend in abnormen, den Ausfallserscheinungen begegnenden und sie teilweise ausgleichenden Bewegungen. Und in den Erscheinungen, die in der ersten kurzen Zeit nach der Verstümmelung den Ausfallserscheinungen vorausgehen, sah er Reizerscheinungen, d. h. Erscheinungen, in denen die Kleinhirnfunktion gesteigert zum Ausdruck kommt infolge der Reizung des Kleinhirnstieles durch den operativen Angriff und die demnächstige Entzündung.

Mit Hrn. Lucianis Bewertung der späteren Erscheinungen stimmten die nachfolgenden Untersucher überein. Aber mit guten Gründen, schon mit der langen Dauer der Zwangsbewegungen, bestritten Hr. Ferrier²⁾, Hr. Thomas und Hr. Lewandowsky, dass es sich bei diesen Erscheinungen um die Folgen einer Reizung handele, und Hr. Luciani erkannte auch den Widerspruch soweit als berechtigt an, dass er seine „Reizerscheinungen“ neuerdings nach Hrn. Ferriers Vorschlag mehr objektiv als „dynamische Erscheinungen“ bezeichnete. In welcher Art diese Erscheinungen zustandekommen, darüber hat Hr. Ferrier eine Erklärung zu geben nicht versuchen mögen. Hr. Thomas³⁾ hat sie kurzer Hand gerade so wie das Fallen und Schwanken dem Ausfall der Innervation seitens des das Gleichgewicht erhaltenden Zentrums, als das er das Kleinhirn ansieht, zugeschrieben. Hr. Lewandowsky⁴⁾ hat sie gleichfalls als Ausfallserscheinungen angesprochen, aber die Thomassche Auffassung unzureichend und unverständlich gefunden; er hat die Zwangsbewegungen als einen Symptomenkomplex eigener Ordnung, den er beim Affen zum Schwindel in Beziehung brachte, von den übrigen Erscheinungen nach Kleinhirnverletzungen abgetrennt und bei seiner Theorie der Kleinhirnfunktion nicht weiter berücksichtigt. Endlich hat Hr. Luciani⁵⁾ nach Erwägung von allem Vorgebrachten den Schwindel als Ursache der Zwangsbewegungen und überhaupt der dynamischen Erscheinungen hingestellt und damit geschlossen, dass die

1) Cerv. 17, 166. — Klh. 281, 284.

2) Brain 17. 1894. 7.

3) A. a. O. 325—6.

4) A. a. O. 145—8, 151—4.

5) Klh. 287—9. (Vgl. Cerv. 176 —8.)

Entstehung der dynamischen Erscheinungen noch in ein Geheimnis gehüllt sei, und dass es sehr zweifelhaft sei, bis zu welchem Grade sie von dem Reizzustande oder von der Lähmung der Faserbündel der Kleinhirnstiele abhängen.

Die Schwierigkeiten, welche die Zwangsbewegungen so lange begleitet haben, hat man sich aber selber geschaffen, indem man die Zwangsbewegungen unmittelbar von den Verstümmelungen abhängig sein liess.

Nach Hrn. Luciani¹⁾ sind die dynamischen Erscheinungen nach der Totalexstirpation des Kleinhirns: Erregung, Unruhe und Schreien des Tieres; Opisthotonus, d. h. Krümmung der Wirbelsäule, besonders des Halses und des Kopfes nach rückwärts; beim Hunde tonische Streckung, beim Affen tonische Beugung der beiden vorderen Extremitäten mit abwechselnden klonischen Bewegungen der hinteren Gliedmassen; beiderseitige Konvergenz der Augäpfel; Neigung rückwärts zu gehen, zu fallen und nach hinten zu stürzen. Und diese Erscheinungen verschwinden nach und nach, beim Hunde im Mittel in 8—10 Tagen, beim Affen, bei dem sie auch von geringerer Intensität sind, in noch kürzerer Zeit. Aber diese Angaben bedürfen der Berichtigung. Nur Tiere, bei denen sich schon anderweitig zu erkennen gibt, dass Nachbarorgane des Kleinhirns geschädigt sind, zeigen eine Störung in der Stellung und Bewegung der Augen, wie denn auch die HH. Ferrier und Turner²⁾ und Hr. Russell³⁾ bei ihren Affen weder Strabismus noch Nystagmus gesehen haben und Hr. Luciani selber nur manchmal⁴⁾ die Konvergenz beobachtet hat. Ferner stellt sich, wie bereits Hr. Ferrier hervorhob, tonische Beugung der Arme beim Affen nicht ein; es ist mir überhaupt bei allen meinen mannigfaltigen Kleinhirn-Versuchen an Affen nur ein einziges Mal, wo nach beiderseitiger Verstümmelung Brechbewegungen anzeigten, dass Nebenverletzungen stattgehabt hatten, eine tonische Beugung des einen Armes für etwa $\frac{1}{2}$ Stunde Dauer unmittelbar nach der Operation vorgekommen. Ebenso wenig findet sich der Opisthotonus beim Affen. Und Erregung, Unruhe und — beim Hunde — Schreien treten an den Tieren, wenn man sie nicht stört und reizt, lediglich in einer ersten, kürzeren oder längeren Zeit bei und nach ihrem Erwachen aus der Narkose auf, wenn sie sich zu erheben suchen, und nicht anders als bei solchen Tieren, die infolge einer ganz andersartigen Verstümmelung ihres Zentralnervensystems ebenso vergebens sich bemühen, aus ihrer unnatürlichen Seitenlage herauszukommen; später verhalten sich unsere Tiere

1) Klh. 283—4. — Cerv. 168, 170.

2) A. a. O. 725, 722.

3) A. a. O. 857.

4) Cerv. 168.

sogar auffallend ruhig. Zu den dynamischen Erscheinungen, die danach übrig bleiben, dem Opisthotonus und der tonischen Streckung der Vorderbeine beim Hunde, der Neigung rückwärts zu gehen, zu fallen und nach hinten zu stürzen beim Hunde und beim Affen, tritt dann aber noch das Rollen hinzu. Dass für den Fall der Totalexstirpation Hr. Luciani das Rollen nicht vermerkt, Hr. Russell¹⁾ sogar sein Fehlen betont hat, ist selbst bei der kleinen Zahl ihrer Versuche nur verständlich, wenn sie unter dem Rollen des Tieres bloss eine solche Drehung um seine Längsachse verstanden, bei welcher der Bauch nach oben kam; denn so ist es allerdings nur selten beim Hunde und noch seltener beim Affen zu sehen, wenn man nicht die Tiere in den ersten Tagen nach der Operation reizt. Doch kommt das Rollen eben auch in dieser Weise vor und nur häufiger in der anderen, bei welcher der Rücken des Tieres oben bleibt, wie meine Schilderung zeigt; und es kann dem Verdachte, die Folge asymmetrischer Exstirpation zu sein, bei meinen Erfahrungen nicht bloss wegen der Vollkommenheit der Exstirpation, sondern auch deshalb nicht unterliegen, weil es bei demselben Tiere ebensowohl rechts-herum wie links-herum erfolgte.

An sich können nun wohl Rollen, Hintenüberstürzen, Rückwärtsgehen und tonisches Strecken von Wirbelsäule und Vorderextremitäten, die nach einer Schädigung des Zentralnervensystems auftreten, den Eindruck von abnormen Bewegungen machen, die den gegebenen Fall charakterisieren; und unter diesem Eindrucke hat man sich bisher mit den „Zwangsbewegungen“ befasst und sie ihrer Eigenart entsprechende Reizungen oder Lähmungen anzeigen oder auch auf Schwindel und besondere Triebe hinweisen lassen. Aber in ihrem wahren Werte geben sich die Zwangsbewegungen erst in Verbindung mit den anderen Abnormitäten zu erkennen, und deshalb habe ich oben für unseren Fall die genauere Schilderung der Vorgänge gegeben. Da sieht man das Tier, wenn es aus der Narkose erwacht, naturgemäss versuchen, aufzustehen und zu gehen oder wenigstens aus der unerträglichen Seitenlage in die gewohnte Ruhestellung überzugehen; und da ihm dies nicht alsbald gelingt, kann es nicht mehr im Vollbesitze der zweckmässigen Mittel sein, die es vorher dafür besass. Im Bestreben, doch sein Ziel zu erreichen, verwendet nun das Tier in mannigfaltiger Weise ausser dem Reste der zweckmässigen auch andere mehr oder weniger unzweckmässige und überhaupt alle Mittel, die ihm noch zu Gebote stehen: und so stellen sich vielerlei ungeschickte und ungewöhnliche Bewegungen ein, unter ihnen im bunten Wechsel und ohne engeren Zusammenhang mit einander die Zwangsbewegungen. Nur mittelbare

1) A. a. O. 860, 852.

Folgen der Verstümmelung sind also die Zwangsbewegungen, und so wenig bringen sie an sich die vorliegenden Störungen zum Ausdruck, dass sie vielmehr gerade umgekehrt anzeigen, was ungestört geblieben ist.

Nehmen wir die auffälligste unter den Zwangsbewegungen, das Rollen. Ich gab oben S. 294 für das Operieren vor, dass beim Emporheben des hinteren Teiles des Wurms beiderseits der Rest des Kleinhirnstieles etwas schief nach aussen oben zu durchschneiden ist. Verfährt man nicht demgemäss und führt man die Schnitte horizontal, so missglückt der Versuch, weil man die seitlichen Teile der Medulla oblongata oberflächlich verletzt; und man erhält Tiere, die sich von den beschriebenen wesentlich dadurch unterscheiden, dass sie nach der Verstümmelung gar nicht mehr oder nur wenig und schlecht sich vom Boden zu erheben und erst recht nicht sich auf den Beinen zu erhalten vermögen¹⁾. Zeit lebens — ich habe es beim Affen durch mehr als 4 Wochen beobachten können — drehen sich diese Tiere, am Boden liegend, wenn sie sich in eine andere Lage, aus der Seitenlage in die Brustbauchlage oder in die andere Seitenlage, bringen wollen oder wenn sie sich fortbewegen wollen und nicht durch Strampeln mit den Extremitäten sich am Boden verschieben, im Bogen, im Halbkreise, im Kreise oder mehrmals nach einander im Kreise um ihre Längsachse, einmal rechtsherum, ein andermal linksherum. Will man, so kann man von den Tieren zur Schilderung ihres Verhaltens sagen, dass sie Zwang oder Neigung zum Rollen zeigen. Aber falsch wäre es, zu meinen, dass ein Zwang oder eine Neigung zum Rollen wirklich die unmittelbar durch den Eingriff gesetzte Störung sei, dass eine Reizung von Vorrichtungen, die in der Norm das Rollen veranlassen, oder eine Lähmung von Vorrichtungen, die in der Norm dem Rollen entgegentreten, oder auch abnorme zentrale Vorgänge, wie Schwindel, bestehen. Denn was man ohne weiteres sieht, dass die Fähigkeit, sich am Boden zu verschieben und zu rollen, erhalten, die Fähigkeit zu stehen, zu sitzen, zu gehen und überhaupt zu allen anderen Gesamtkörperbewegungen aufgehoben ist, macht es auch sogleich verständlich, dass die Tiere in ihrem Drange, sich zu bewegen, oftmals rollen; und deshalb ist nicht in Beziehung zum Rollen, sondern ausser jeder solchen Beziehung im Verluste der Fähigkeit zu stehen, zu gehen usw. das Wesen der Abnormität der Tiere zu erkennen. Ebenso aber, wie diese Tiere zeitlebens, verhalten sich unsere Tiere, bei denen die Total-exstirpation fehlerlos durchgeführt ist, in der ersten, beim Hunde längeren,

1) Eigens darauf gerichtete Versuche haben mir die Verletzung nicht der Corpora restiformia, sondern der Deitersschen (und Bechterewschen) Kerne hier von Bedeutung erscheinen lassen; doch wird erst die mikroskopische Untersuchung der Präparate einen zuverlässigen Aufschluss gewähren können.

beim Affen kürzeren Zeit nach der Exstirpation. Sie können zunächst gar nicht oder nur schwer vom Boden sich erheben, und sie rollen, einmal rechtsherum, ein andermal linksherum, wenn sie sich bewegen wollen; regt man sie stark auf, den Affen noch am Tage der Operation, den Hund in den ersten 2—3 Tagen, so kann man sie mehrmals nach einander im Kreise um ihre Längsachse sich drehen sehen¹⁾. Und in dem Masse, wie die Tiere mit der Zeit sich immer mehr und besser aufzurichten vermögen, tritt immer seltener bei ihnen das Rollen auf. Wir werden später (Kap. 9) sehen, wie auch das Rollen in immer derselben Richtung nach halbseitiger Exstirpation des Kleinhirns die Richtigkeit der Auffassung verbürgt.

Dasselbe, was vom Rollen, gilt vom Rückwärtsgehen, wie es zuweilen nach der Totalexstirpation zur Beobachtung kommt²⁾: an dem in der Brustbeckenlage oder in der zur Seite geneigten Brustbauchlage befindlichen Tiere führen die Gehbewegungen der Extremitäten durch die Unwirksamkeit der unten liegenden Hinterextremität und durch die Richtung, in der die anderen Extremitäten mit ihrer Streckung den Rumpf fortstossen, eine Verschiebung des Tieres rückwärts im Kreise um die die nach unten sehende Beckenseite herbei. Und so erledigt sich auch einfach das Hintenüberstürzen³⁾, da es wiederum sichtlich auf der Unfähigkeit des Tieres, sich normal aufzurichten, beruht: indem durch die Verschiebung der Vorderextremitäten nach vorn und ihre Streckung der Vorderkörper in der Richtung nach oben und hinten geführt wird und der Hinterkörper den Schwerpunkt nicht nur nicht durch Erheben vom Boden wieder nach vorn zurückbringt, sondern sogar noch dadurch, dass die in allen Gelenken gebeugten Hinterbeine vorbewegt und unter den Bauch gebracht werden, selber nach hinten verlagert, muss das Tier nach hinten umschlagen. Nur die Streckung von Wirbelsäule und Extremitäten beim Hunde verlangt noch eine besondere Betrachtung.

Normale Affen und Hunde, die plötzlich in Zorn geraten, oder die erschrecken und nicht sogleich ihr Heil in der Flucht suchen, werfen den Kopf nach dem Nacken zurück und steifen Rücken und Extremitäten; sassen oder lagen sie, so nehmen sie die Haltung an, nachdem sie sich blitzschnell auf die Beine gestellt haben. Dieses auch dem Menschen eigentümliche „Auffahren“ sieht man gelegentlich einmal ebenso bei dem kleinhirnlosen Affen; wenn er, wie ich es oben S. 297 beschrieb, erregt sich noch am Tage der Operation aufstellt, geht zugleich der Kopf nach

1) Die derart aufgeregten Tiere sind ohne Ausnahme in den nächsten 2 Tagen zugrunde gegangen, und sie sind deshalb bei der Schilderung S. 296 nicht mit berücksichtigt.

2) S. oben 300.

3) S. oben 297 und 300.

hinten und wird der Rücken steif. Und nichts anderes als solches Auffahren haben der Opisthotonus und die tonische Streckung der Extremitäten zu bedeuten, die am Hunde nach der Totalexstirpation des Kleinhirns in der nächsten Zeit, nicht wesentlich länger als die Ueberwindung der Morphinumnarkose dauert, nach Berührungen, Geräuschen und anderen leichten Störungen zur Beobachtung kommen; sie treten nur öfter, als beim normalen Tiere, und in der Seitenlage auf, weil der Hund derzeit einerseits besonders empfindlich gegen Störungen ist, andererseits mit Aufstehbewegungen und Ortsveränderungen noch nicht oder erst auf starke Reizungen zu reagieren vermag. Dass dabei zuweilen die Hinterbeine abwechselnd sich beugen und strecken, dürfte als das erste Anzeichen von Bewegungen der letzteren Art anzusehen sein. Bewegt der Hund, wie es meist noch im Laufe des zweiten Tages der Fall ist, ganz frei den Kopf, hebt und dreht er ihn nach dem Beobachter, so kommt es nicht mehr zu Opisthotonus, nur noch zu tonischer Streckung der Vorderbeine.

Fortan trifft man durch mehrere Tage, bis der Hund die Seitenlage mit der Brustbauch- oder Brustbeckenlage vertauscht hat, nur selten und vorübergehend das eine oder das andere Vorderbein, noch seltener beide Vorderbeine gebeugt an; gewöhnlich stellen sich die Vorderbeine wie steife Stöcke im rechten Winkel zum Rumpfe dar, nicht nur von Ansehen, sondern auch, wenn man nachfühlt, durch den grossen und oft nicht zu überwindenden Widerstand, den sie der Beugung in den grossen Gelenken entgegensetzen. Aber genaueres Zusehen lehrt, dass die Vorderbeine erst derart gestreckt werden und sich etwas verlängern, wenn der Beobachter herantritt, und nach einiger Zeit unter deutlicher Beugung der Glieder wieder etwas an Länge abnehmen, wenn der Beobachter sich ruhig verhält. Berühren des Hundes führt wie jedes sonstige Aufstören von neuem die tonische Streckung der Vorderbeine herbei. Trotzdem kann man, so oft man den Hund, nachdem man ihn eine Zeitlang ruhig beobachtet hat, gewissermassen mit dem Ergreifen seines Fusses überrascht, sich überzeugen, dass das Vorderbein gewöhnlich in allen Gelenken leicht zu beugen ist, und die Streckung erst unter der Hand sich entwickeln fühlen. Macht der Hund einen Aufstehversuch, so strecken sich regelmässig die Vorderbeine, und steif werden sie zur Hebung des Vorderkörpers in einem Zuge oder strampelnd nach vorn verstellt. Es kann darnach sein, dass überall, wo es sich nicht um ein Auffahren handelt, die tonische Streckung der Vorderbeine mit dem Versuche des Tieres, sich zu erheben, in natürlichem Zusammenhange steht. Jedenfalls aber ist die Stellung, in der die Vorderbeine sich gewöhnlich befinden, wenn sie sich auch als Streckstellung bezeichnen lässt, nicht schon eine tonische Streckung, wofür man sie gehalten hat,

d. h. nicht schon eine tetanische Kontraktion der Beinmuskulatur, — was ja auch durch ihre lange Dauer ausgeschlossen ist. Vielmehr ist sie die Ruhestellung der Vorderbeine an dem in der Seitenlage befindlichen Hunde, nachdem eine tonische Streckung der Vorderbeine ihr Ende gefunden hat, d. h. die Stellung, bei der sich nunmehr die elastischen Spannungen der ruhenden Beuge- und Streckmuskeln das Gleichgewicht halten. Dass die Vorderbeine dann lange in dieser Stellung verharren, findet darin seine Erklärung, dass derzeit nur höchst selten isolierte willkürliche Bewegungen der Vorderbeine vorkommen und die in langen Pausen auftretenden Gemeinschaftsbewegungen der Vorderbeine in der Regel durch Aufstehversuche veranlasst sind. Wenn der Hund sich aus der Seitenlage bringt, ohne dass er sich zu erheben sucht, so jedesmal wenn er derart rollt, dass der Bauch nach oben kommt, und oft wenn er sich am Boden verschiebt, sieht man die Vorderbeine sich ansehnlich beugen und strecken. Und ist es einmal in isolierter willkürlicher Bewegung zu einer grösseren Beugung des Vorderbeines gekommen, so sieht man auch das Vorderbein so lange in der Beugung bleiben, bis ein neuer Aufstehversuch von neuem die Streckstellung herbeiführt.

Die Erscheinungen, die man als dynamische oder als Zwangsbewegungen bezeichnet hat, sind also nichts weiter als die natürlichen Folgen der Unfähigkeit des Tieres, sich wie in der Norm aufzustellen und zu gehen, ja sogar seine gewohnte Ruhestellung einzunehmen, und lediglich diese Unfähigkeit hat für die erste Zeit nach der Totalexstirpation als deren Folge in Betracht zu kommen. Schon innerhalb der Zeit aber erfährt die Unfähigkeit eine Abnahme, $1\frac{1}{2}$ —2 Wochen nach der Exstirpation hält das Tier seine gewohnte Ruhestellung ein, und in den folgenden Wochen schreitet die Besserung weiter und weiter fort, bis das Tier mit einer gewissen Unvollkommenheit und Ungeschicktheit gehen und laufen und auch, wenigstens für kurze Zeit, stehen kann. So sehen wir hier dasselbe wieder, das wir so häufig nach dem Fortfall eines Teiles des Zentralnervensystems finden, dass der Verlust, den das Tier durch den Fortfall an seiner normalen Leistungsfähigkeit erlitten hat, durch die vermehrte und veränderte Tätigkeit der unversehrt erhaltenen Teile des Systems mit der Zeit immer mehr und soweit als möglich ausgeglichen wird. Wann diese funktionelle Kompensation, wie sie Hr. Luciani passend genannt hat, anhebt, ist nicht ausgemacht, jedoch erscheint es nur naturgemäss und liegt kein Grund dagegen vor, dass sie alsbald nach dem Fortfall einsetzt. Gleichwohl dürfen wir nicht die ganze Besserung, die sich zeigt, der funktionellen Kompensation zuschreiben. Denn weiter finden wir sonst nach jeder Exstirpation eines Teiles des Zentralnervensystems, dass infolge der Schnitte, die wir zum

Zwecke der Abtrennung durch die nervöse Substanz führen, die Nachbarschaft des exstirpierten Teiles und wo wir motorische Bahnen treffen, die vom exstirpierten Teile zu niedrigeren motorischen Zentren ziehen, auch diese Zentren zunächst in ihrem Funktionieren wesentlich beeinträchtigt sind und nur allmählich in etwa 14 Tagen zur Norm zurückkehren¹⁾: und so wird es auch nach der Totalexstirpation des Kleinhirns sein, da die Kleinhirnstiele durchschnitten werden. Demgemäss bieten sich im Verhalten des Tieres etwa um die Zeit, da das Tier sich wieder in der gewohnten Ruhestellung zu behaupten vermag, die Folgen des Kleinhirnverlustes am reinsten dar, nur wenig erst gemildert durch die funktionelle Kompensation und kaum mehr getrübt durch die Folgen des operativen Angriffs; in der kurzen Vorperiode treten, je mehr wir uns der Zeit der Exstirpation nähern, desto mehr zurück der Einfluss der Kompensation, desto mehr hervor die Folgen des operativen Angriffs; und in der längeren Nachperiode zeigen sich die Folgen des Kleinhirnverlustes, je später, je mehr gebessert durch die Kompensation.

5.

Die Schilderung S. 296—303 lässt als Folgen des Kleinhirnverlustes das Fallen und Schwanken und das erschwerte und ungeschickte Gehen des Tieres erkennen, die in der Nachperiode, beim Affen — bei dem die Kompensation, wie schon Hr. Luciani bemerkte, im ganzen rascher erfolgt — auch schon in der Vorperiode eine fortschreitende Besserung erfahren. Und als Folge des operativen Angriffs stellt sich die Unfähigkeit des Tieres dar, die in der Vorperiode sich verliert, die Unfähigkeit, sich aufzustellen und die gewohnte Ruhestellung einzunehmen, allerdings nur soweit, als sie nicht durch die Folgen des Kleinhirnverlustes ihre Erklärung findet.

Das Fallen des Tieres auf sein schlechtes Gehen zurückzuführen, geht schon deshalb nicht an, weil der Affe auch aus dem Sitzen umfällt. Eher könnte umgekehrt das schlechte Gehen vom Fallen abzuleiten sein, und wir müssen deshalb zunächst das Fallen und Schwanken ins Auge fassen.

In den ersten Tagen nach der Totalexstirpation schlägt der Affe, wenn er sich in die freie Sitzstellung gebracht hat, sofort um, und wenn er unter Festhalten am Gitter oder Anlehnung an die Wand länger sitzen bleibt, so sind seine Haltung und insbesondere die Stellung der Beine öfters nicht die der normalen Sitzstellung. Aber nachdem 2—3 Tage vergangen sind, sieht man den Affen, wenn er erregt im Käfig oder beim

1) Vergl. oben 27 ff.

Gehen zum Sitzen kommt, immer in der normalen Sitzstellung, auf beide Arme oder häufiger auf einen Arm gestützt, nur manchmal ein wenig nach vorn geneigt, weil die stützenden Arme etwas weiter nach vorn gestellt sind; und er verweilt dann, frei oder mit einer Rücken- oder Flankenpartie leicht angelehnt, lange genug in der Sitzstellung, dass man das Folgende beobachten kann. Gelegentlich neigt er, ohne dass er eine Bewegung macht, langsam mit dem Körper mehr und mehr, doch nur eben deutlich merklich, nach der Seite über, und plötzlich fällt er nach dieser Seite um. Oft dreht er den Kopf wiederholt ein Stück nach rechts und nach links, ohne dass sonst eine Veränderung an ihm sichtbar ist, und dann dreht er einmal den Kopf etwas weiter oder Kopf und Vorderrumpf zugleich zur Seite, und sofort stürzt er nach der Seite zu Boden. Hin und wieder zeigt sich am Kopfe, wenn er ihn dreht, ein schwaches Oszillieren nach rechts und links; und regelmässig ist dies der Fall, ja das Oszillieren kann noch stärker und zugleich am Rumpfe sichtbar sein, wenn der Affe, sich ängstlich umschauend, die Drehungen des Kopfes in raschem Wechsel vollführt. Ist der Affe nach aufgeregtem Laufen erst jüngst zum Sitzen gekommen, so ist zuweilen auch, ohne dass der Affe eine Bewegung macht, ein deutliches Oszillieren von Kopf und Rumpf nach vorn und hinten und nach rechts und links zu beobachten. In allen diesen Fällen findet, wenn der Affe nicht eher zur Seite umfällt, das Oszillieren bald, meist in noch nicht einer Minute, sein Ende, so dass der Affe danach ganz ruhig sitzt. Geht man auf den schon eine Weile ruhig im Zimmer sitzenden Affen gerade von vorn zu, so nimmt der Affe Rumpf und Kopf rasch mehr und mehr, aber im ganzen nur wenig nach hinten und fällt plötzlich hintenüber; nähert man sich dem Affen ebenso von hinten her, und läuft er nicht fort, so neigt er nach kleiner Drehung des Kopfes rasch ebenso ein wenig nach vorn über und fällt plötzlich kopfüber hin. Bei alledem schlägt der Affe zunächst immer wie ein Holzklotz, wie ein lebloser Körper zu Boden. Das ändert sich aber bald früher bald später, spätestens etwa von der Mitte der zweiten Woche nach der Operation an. Wohl fällt der Affe noch ebenso um, aber zunehmend seltener. Er schützt sich oft vor dem Hinstürzen, indem er rasch den Arm auf der Seite der Gefahr vorstreckt und mit der Hand gegen den Boden stemmt; andermal wirft er, wenn er zu fallen beginnt, den Rumpf rasch nach der entgegengesetzten Richtung, nach vorn, wenn er hintenüber, nach links, wenn er nach rechts zu stürzen droht, usw. Und er beugt sogar bald auch dem Fallen vor, wenn jetzt, wo er während des längeren Sitzens sich mehr bewegt, Kopf und Aftergegend kratzt, Gesicht und Bauch kraut, Kopf und Rumpf stärker hin und her dreht usw., infolgedessen grössere Oszillationen von Kopf und Rumpf auftreten. Er zieht

den zweiten Arm zum Stützen heran; er bringt die stützenden Arme, einen nach dem anderen um ein kleines Stück nach hinten verstellend, näher an das Becken und setzt diesen oder jenen Arm oder beide mehr abduziert auf; er setzt sich geradezu zurecht, indem er die eine oder die andere Beckenhälfte ein wenig verschiebt. So kommt es dahin, dass, nachdem 3 Wochen seit der Operation verflossen sind, der Affe stundenlang sitzt, zeitweise sogar jeder Unterstützung durch einen Arm entbehrend, und mancherlei Bewegungen im Sitzen macht, ohne dass mehr als gelegentlich und rasch vorübergehend ein schwaches oder etwas stärkeres Oszillieren von Kopf und Rumpf zu bemerken ist. Ist jedoch der Affe aufgeregt, ist er in Angst versetzt, oder ist er durch vieles Laufen ermüdet, so stellt es sich in der Folge immer noch einmal ein, dass er gerade so, wie zu Anfang, nach einem kleinen allmählichen Ueberneigen oder nach stärkerem Oszillieren plötzlich wie ein Klotz nach der Seite oder nach vorn oder nach hinten zu Boden stürzt.

Entsprechende Beobachtungen macht man am Hunde. Wenn er in der dritten Woche nach der Operation sich dicht an der Wand so aufstellt, dass er mit seiner, sagen wir, rechten Rumpfseite an die Wand lehnt, kann er minutenlang normal stehen oder, nachdem er den Hinterrumpf zu Boden gesenkt hat, normal sitzen. Aber er neigt einmal, nachdem er bis dahin keinerlei Bewegung gezeigt hat, allmählich etwas nach links über, und plötzlich fällt er auf die Seite um. Ein andermal nimmt er den Kopf hoch und nach hinten und fällt sogleich hintenüber. Das Häufigste ist, dass er, um sich umzuschauen, den Kopf nach links dreht, und so lange er ihn so nur mässig hin und her bewegt, wird nur dann und wann ein schwaches Oszillieren des Kopfes bemerklich; aber wenn er ihn einmal weiter nach links dreht, schlägt er plötzlich zur Seite um. Dreht er Kopf und Vorderrumpf zugleich nach links, so oszillieren immer Kopf und Rumpf und kommt es bald zum Sturze. Ueberall schlägt dabei der Hund wie ein Klotz zu Boden. Im zweiten Monate setzt sich der Hund, der wieder zu gehen vermag, regelmässig mit den Beinen in Bewegung, ehe es zum Fallen kommt. Später kann der Hund lange angelehnt stehen oder sitzen, ohne gefährdet zu sein, da er den Kopf immer nur mässig bewegt; höchstens zeigt der Kopf vorübergehend schwache Oszillationen. Entfernt er einmal den Rumpf von der Wand, so schwankt er mit Rumpf und Kopf und bewahrt sich vor dem Fall, indem er den Rumpf wieder an die Wand wirft.

Auch im Liegen zeigen sich an den Tieren hierhergehörige Erscheinungen. So lange Affe und Hund zunächst nach der Operation sich in der Seitenlage befinden und später mit Brust und Bauch oder Becken fest dem Boden oder den unterliegenden Extremitäten aufruhend, ist, auch wenn das Tier den Kopf lange Zeit hochhält und dreht, nur

äusserst selten und rasch vorübergehend ein schwaches Oszillieren des Kopfes zu bemerken. Aber sobald weiterhin das Tier in der Brustbauch- oder Brustbeckenlage die Brust auf den etwas gestreckten Vorderextremitäten ein wenig abgehoben vom Boden hält, tritt das Oszillieren öfter auf, wenn das Tier den hochgehaltenen Kopf dreht oder eine kleine Lageveränderung durch Bewegung von Rumpf oder Extremitäten vornimmt; und es oszilliert alsdann, bald schwächer bald stärker, nicht bloss der Kopf, sondern meist auch der Vorderrumpf und manchmal der ganze Rumpf. Meist geht auch hier das Oszillieren rasch vorüber; zuweilen aber dauert es länger an und hört erst auf, wenn das Tier den Kopf auf den Boden oder die Vorderextremität auflegt, oder wenn es mit einer kleinen Bewegung von Rumpf und Extremitäten sich in eine etwas andere Lage bringt. Und in solcher Weise erhält sich das Oszillieren beim Hunde, der das Liegen als Ruhestellung beibehält, durch seine ganze Lebenszeit. Wo sich der Hund beim Gehen hat in die Brustbauchlage niederfallen lassen, kann man es unmittelbar danach fast regelmässig sehen und nicht selten auch, dass es sein Ende durch eine kleine Lageveränderung findet.

Nehmen wir dazu noch, was wir früher sahen, dass Hund und Affe, wenn sie gehen und laufen, zunächst bei jedem Schritte umfallen und dann zwar mit der Zeit mehr und mehr das Hinstürzen vermeiden, aber immer schwanken und taumeln, so lehren die Beobachtungen insgesamt, dass durch den Kleinhirnverlust das Tier, ob es sitzt, liegt, steht, geht oder läuft, in der Fähigkeit, sein Gleichgewicht zu erhalten, eigenartig geschädigt ist. Gänzlich verloren ist die Fähigkeit nicht, wenn es auch zu Anfang so erscheint; denn sie ist bald wieder vorhanden. Aber sie zeigt sich doch nur in der Weise erhalten, dass, nachdem durch eine schlechte Haltung oder eine Bewegung des Tieres sein Gleichgewicht soweit gestört ist, dass Fallen eintritt oder droht, neue Bewegungen des Tieres unwillkürlich oder willkürlich zustandekommen, um die schlimme Folge der eingetretenen Störung abzuwenden und das Gleichgewicht wiederherzustellen. Dagegen bleibt verloren die feinere Art der Gleichgewichtserhaltung, die beim normalen Tiere ausserdem noch besteht und nach den Erfahrungen an uns selber unbewusst sich vollzieht, dass, wie auch das Tier in den Grenzen der Norm sich hält und bewegt, immer zugleich für sein Gleichgewicht Sorge getragen ist, derart dass selbst während der Bewegung es gar nicht erst zu einer gefährlichen Störung des Gleichgewichtes kommt und mit dem Abschlusse der Bewegung sogleich wieder das Gleichgewicht besteht. Diese feinere Art der Gleichgewichtserhaltung beim Sitzen, Liegen, Stehen, Gehen usw. ergibt sich also als vom Funktionieren des Kleinhirns abhängig, während die andere, gröbere Art der Gleichgewichtserhaltung von anderen Hirn-

teilen geleistet wird. Dass die gröbere Art der Gleichgewichtserhaltung nach dem Untergange der feineren Art mit der Zeit immer mehr funktionell kompensierend wirkt, entspricht ganz dem, was nach den sonstigen Erfahrungen am Zentralnervensystem zu erwarten stand; es darf nur auffallen, dass sie nicht sogleich nach der Exstirpation, sondern erst nach einer gewissen Zeit sich bemerklich macht, obwohl die Hirnteile, auf deren Wirken sie beruht, unversehrt sind.

6.

Ich sagte, dass die feinere Art der Gleichgewichtserhaltung beim Sitzen, Stehen, Gehen usw. vom Funktionieren des Kleinhirns abhängig ist, und nicht, dass sie eine Funktion des Kleinhirns ist. Denn wir stehen vor zwei Möglichkeiten, zwischen denen zu entscheiden ist. Das Kleinhirn kann ein mit jener feineren Art der Gleichgewichtserhaltung besonders betrauter, dafür in sensibler und motorischer Hinsicht eigens eingerichteter und die Bewegungen von Wirbelsäule und Extremitäten passend beherrschender Hirnteil sein, so dass wir eine zerebellare Gleichgewichtsregulierung und eine von den anderen Hirnteilen geleistete accessorische Gleichgewichtsregulierung zu unterscheiden haben. Es kann aber auch sein, dass alle Gleichgewichtserhaltung eine Funktion der anderen Hirnteile ist und nur durch den Verlust des Kleinhirns solche allgemeine Störungen der Sensibilität und Motilität der Tieres herbeigeführt werden, dass jene Hirnteile nicht mehr imstande sind, für die feinere Art der Gleichgewichtserhaltung ihre Aufgabe zu erfüllen.

Nach den vorliegenden Angaben würde die letztere Möglichkeit zutreffen. Denn nach Hrn. Luciani soll der Kleinhirnverlust die nervöse Asthenie, Atonie und Astasie aller willkürlichen Muskeln zur Folge haben¹⁾; und nach Hrn. Lewandowsky²⁾ sollen „wir beim Tiere als Folge der Kleinhirnverletzung eine Ataxie jeder willkürlichen Bewegung sehen“ oder Störungen „aller willkürlichen Verrichtungen, welche einer zweckmässigen Abstufung fähig sind“: so dass allgemeine Störungen der Motilität und Sensibilität bestehen würden. Aber den Angaben widerspricht, was wir an den kleinhirnlosen Tieren, wenn sie ruhig liegen oder sitzen, bei der Verfolgung der isolierten willkürlichen Bewegungen beobachten.

Da sehen wir Hund und Affen, nachdem die Narkose abgelaufen ist, normal den Kopf heben und senken und nach rechts und links drehen, normal auch die Augen bewegen. Der Hund spitzt normal die

1) S. oben 288.

2) A. a. O. 182, 175.

Ohren und wedelt normal mit dem Schwanze. Der Affe fletscht normal die Zähne und lässt normal (als Ausdruck der Freude oder Unterwürfigkeit) Kiefer und Lippen wiederholt auf und ab gehen. Normal beleckt der Hund das nahe dem Munde vorgehaltene Fleischstück, fasst es und bringt es nach hinten, um es zu schlucken. Normal fasst und frisst der Affe das in der Nähe seiner Hand liegende Mohrrübenstück: er bringt es mit der Hand an den Mund, beisst ab, entfernt die Hand vom Munde, kaut, führt zu neuem Abbeissen wieder die Hand an den Mund usw. Ebenso fasst und frisst er normal das Stück gekochten Reises, abbeissend oder mehr mit den Fingern den Reis in den Mund stopfend; hat er das Stück verzehrt, so leckt er — immer normal — von der Vola der Hand unter Pronieren und Supinieren der Hand und Ab- und Adduzieren, wie Beugen und Strecken der Finger die kleben gebliebenen Reiskörner der Reihe nach ab, und sind beim Abbeissen einzelne Reiskörner auf den Boden gefallen, so nimmt er sie eines nach dem anderen mit den Fingern auf und bringt sie zum Munde. Nahrung, die nicht sogleich verschluckt, sondern in den Backentaschen verblieben ist, holt er nachträglich normal aus den Taschen heraus, ohne Hülfe der Hand oder indem er mit der Hand auf die Tasche drückt. Schon während der Hund auf der Seite liegt, beugt und streckt er normal oder verlagert er normal nach vorn oder hinten dieses oder jenes einzelne Bein, Vorderbein oder Hinterbein, und zieht er normal mit dem Vorderbein das Fleischstück an den Mund heran; später kratzt er auch normal mit Vorder- wie Hinterbein und entfernt normal mit dem Vorderbein den die Augen verschliessenden Verband. Ebenso bewegt und verlagert der Affe normal schon in der Brustbauchlage eine einzelne Extremität; und sobald er sitzt, macht er noch mit diesem oder jenem Arme die normalen Bewegungen, um Kopf und Aftergegend zu kratzen, Gesicht, Arm, Bein, Bauch zu krauen, die Fingernägel nach dem Kratzen oder Krauen mit den Zähnen zu putzen, Fliegen auf seinem Körper abzufangen. Auch Beugungen und Streckungen, wie Drehungen der Rumpfwirbelsäule vollführt der Affe dann normal, um sich Rücken und Flanken überall von den Genossen krauen zu lassen oder ein am Boden gelegenes Mohrrübenstück erreichen zu können.

Nur wenn die Nahrung nicht nahe der Hand des Affen sich befindet, sondern so weit von ihr entfernt ist, dass der Affe den ganzen Arm ausstrecken muss, um sie zu fassen, tritt beim Greifen eine schon von Hrn. Luciani, Hrn. Ferrier und Hrn. Lewandowsky bemerkte Abnormität auf. Der Affe streckt den Arm brüsker oder stürmischer als in der Norm vor und trifft ein kleines Objekt, z. B. ein Mohrrübenstück, in der Regel auch nicht gut, sondern kommt mit der Hand daneben an. Ist die Hand zu nahe aufgesetzt, so wird sie rasch vor-

geschoben und, wenn das Objekt dabei nicht zu weit fortgestossen ist, nochmals gehoben und hinter dem Objekte aufgesetzt, und nunmehr wird das Objekt unter Zurückziehen der Hand gefasst; ist die Hand, wie es meist der Fall ist, zu weit nach vorn und, sagen wir, nach links angelangt, so wird das Objekt unter Zurückziehen der Hand gefasst, höchstens dass zuvor die Hand nochmals gehoben und etwa ebenso weit nach vorn, aber nach rechts aufgesetzt wird. Recht auffällig am Tage nach der Operation, schwächt sich die Abnormität in den nächsten Wochen so ab, dass für die Dauer nur ein eben erkennbarer Rest verbleibt, gewöhnlich der Art, dass die greifende Hand ein wenig über das kleine Objekt hinausgeht und beim Zurückgehen es erfasst.

Eine grosse Zahl isolierter willkürlicher Bewegungen kommt also wie in der Norm zur Ausführung, und nicht etwa ausnahmsweise einmal, sondern oft und immer wieder sieht man sie sich vollziehen, ohne dass eine Spur von Asthenie, Atonie, Astasie oder von Ataxie an ihnen bemerklich wird. Dabei erstrecken sich die normalen Bewegungen auf alle Körperteile, auch auf die Wirbelsäule und die Extremitäten, an denen man noch am ehesten sie nicht zu finden erwarten konnte. Es kann daher von allgemeinen Störungen der Motilität und Sensibilität nicht die Rede sein; und so muss die Entscheidung dahin fallen, dass die feinere Art der Gleichgewichtserhaltung eine Funktion des Kleinhirns ist.

Aber man wird fragen, wie denn der Glaube an allgemeine Störungen der Sensibilität und Motilität hat entstehen können, und ich muss klarlegen, auf welchen Stützen der Glaube sich aufgebaut hat.

Hr. Lewandowsky¹⁾ hat sichtlich auf den Nachweis von Störungen ausser dem Bereiche von Wirbelsäule und Extremitäten Wert gelegt und deren zwei ausfindig gemacht; aber beide lassen sich nicht bestätigen. Bei einem Hunde, der durch Monate bei der Fütterung mit Schilddrüsen-tabletten dem Auseinandersperrn der Kiefer erheblichen Widerstand entgegengesetzt und seinem Unbehagen lebhaften Ausdruck gegeben hatte, bemerkte er, als er 3 Wochen nach einer mässig ausgedehnten Wurmverletzung die Fütterung wieder aufnahm, „einen ganz frappanten Unterschied“ und sah darin die Folge der Atonie der Kiefermuskeln. Indes hat die spätere Willfähigkeit dieses Hundes sicher einen ganz anderen Grund gehabt; denn meine Hunde haben nach der Totalexstirpation ohne Ausnahme dem gewaltsamen Oeffnen des Maules gerade so wie in der Norm sich widersetzt. Zweitens fand Hr. Lewandowsky nach grösseren Verstümmelungen oder Totalexstirpation Störungen in der Stimmgebung: während die Hunde früher über alle Modulationen des Bellens von dem

1) A. a. O. 157, 174—5.

Geklaff der freudigen Erwartung bis zum wütenden Streitruf verfügten, klang jetzt das Bellen eintönig, war explosiv, meist höher als früher, gewöhnlich ein einmaliger Tonstoss, der nur selten wiederholt wurde. Jedoch liegt auch hier nur ein Missgeschick in der Beobachtung vor, leicht daraus erklärlich, dass die Hunde später seltener und weniger ihre Stimme hören liessen, wie man es allgemein bei Hunden findet, die nach grösseren Operationen durch längere Zeit der Beobachtung unterliegen. Ich habe nach der Totalexstirpation nicht nur bei den Hunden das Bellen in verschiedenen Modulationen, sondern auch bei den Affen all das Knurren, Grunzen, Locken, Rufen, Schreien, wie man es von den normalen Tieren hört, unverändert wiedergefunden. Dass bei der den Schluckakt einleitenden willkürlichen Bewegung die Störungen fehlten, ist Hrn. Lewandowsky nicht entgangen; auch sind ihm die Störungen der Augenbewegung „auffallend gering“ erschienen, — wenn er auch nach Ablauf der Zwangsbewegungen oft eine gewisse Unsicherheit des Blickes glaubte feststellen zu können, jedenfalls bestehen, sagt er, keine groben Abnormitäten —. Aber über die Widersprüche, die so seinem Glauben erwachsen, ist er mit den Bemerkungen hinweggegangen, dass die den Schluckakt einleitende Bewegung „nicht abstufbar“ und die Augenbewegung „ja auch in der Tat mehr Synergie, als zweckmässig abgestufte Bewegung im Sinne der Extremitätenbewegung ist“, — Bemerkungen, deren Unrichtigkeit doch handgreiflich ist.

Anders war schon vorher bei Hrn. Luciani¹⁾ der Glaube entstanden unter der Ausbildung seiner Lehre von der „Astasie“, womit er die abnorme Art, in der die Muskelkontraktionen vor sich gehen sollen, und die dadurch veranlassten Erscheinungen bezeichnet hat. Während „die von den Muskeln ausgeführten Bewegungen der Gliedmassen normalerweise allmählich und einheitlich, d. h. ohne Störung der Kontinuität, ohne Zittern und Schwanken, mit vollständiger Verschmelzung der Elementarimpulse, aus denen sie sich zusammensetzen, erfolgen“, sei dies nicht mehr der Fall nach der Kleinhirnverstümmelung. Am liegenden Hunde zeige der Kopf ein leichtes und fast ununterbrochenes Zittern. Stehe der Hund, so sei das Zittern auch über den ganzen Rumpf verbreitet, der in querer oder in schräger oder diagonalen Richtung leicht schwanke. Gehe der Hund langsam, so verstärke sich die Erscheinung, so dass Zögern oder Unsicherheit der Bewegung resultiere; in den Bewegungen der Gliedmassen und der Wirbelsäule bemerke man einen charakteristischen Mangel an Kontinuität, beziehungsweise an Festigkeit, davon abhängig, dass die Kontraktionen in zitternder Weise erfolgen, wie dies bei unvollkommener Summation der Einzelimpulse auftritt. Beim

1) Cerv. 193—4, 196, 198, 293. — Klh. 297—9, 302, 306.

beschleunigten Gehen verschwinde die Erscheinung. Umgekehrt sei die Erscheinung des Zitterns verstärkt und nehme den Charakter rhythmischer Schwankungen an, wenn das Tier mit grosser Gier fresse. Beim Affen sei die Astasie, die in dem Zittern, dem Zögern, den rhythmischen Schwankungen zum Ausdruck komme, noch stärker ausgeprägt. Die Erscheinungen der Astasie treten deutlicher in den Muskeln des Halses hervor, erstrecken sich aber mehr oder minder auf alle Muskeln, was durch das deutliche leichte Zittern der (vorderen oder hinteren) Extremität bewiesen werde, das immer dann auftrete, wenn der Affe sie zu einzelnen Handlungen verwende, z. B. um Früchte zum Munde zu führen, um die Insekten, die in seinem Felle nisten, zu fangen usw.

Hier hat man es unverkennbar mit einer unbegründeten Verallgemeinerung zu tun: Hr. Luciani hat ohne weiteres auf alle Muskeln ausgedehnt, was höchstens für Wirbelsäule- und Extremitäten-Muskeln geltend sich ergab. Und nicht einmal in der Beschränkung auf die letzteren Muskeln lassen sich seine Angaben, soweit sie nicht mit den meinigen im Einklang sind, als zutreffend anerkennen.

Wir haben oben S. 316 das abnorme Verhalten kennen gelernt, das der kleinhirnlose Affe beim Greifen von Objekten zeigt. Das hat auch schon Hr. Luciani beobachtet und die „Unsicherheit der Bewegungen“ oder, wie es in dem anderen Protokolle heisst, die „diskontinuierlichen, choreaartigen Bewegungen, die der Affe beim Vorstrecken des Armes, um die Nahrung zu fassen, vollführt, bevor er zum Ziele gelangt,“¹⁾ als Erscheinung der Astasie aufgefasst. Sichtlich liegt da aber, wie meine Schilderung lehrt, nichts anderes vor, als dass der Affe die Nahrung nicht gut trifft und den Fehlgriff mit neuen Bewegungen korrigiert: ein unregelmässiges Herumtappen also des Affen mit dem Arme, wie man es ebenso und auch noch in öfterer Wiederholung und grösserer Ausbildung beim Affen findet, der nur aus irgendwelchem Grunde schlecht sieht, oder dessen hintere Rückenmarksnerven-Wurzeln für den Arm durchschnitten sind. Man kann daher, wie Hr. Lewandowsky, von einer Ataxie beim Greifen sprechen, nicht aber, wie es Hr. Luciani bei der Zusammenfassung seiner Erfahrungen tut, von einem Zittern, weder nach dem gewöhnlichen Sprachgebrauche noch nach dem wissenschaftlichen (Tremor).

Dies vorweggenommen, erweist sich die ganze Angabe, für die ich weitere Belege in Hrn. Lucianis Protokollen nicht finde, dass ein deutliches leichtes Zittern der Extremität immer dann auftrete, wenn der Affe sie zu einzelnen Handlungen verwende, als tatsächlich unrichtig und dermassen unrichtig, dass ich gerade das Gegenteil oben S. 316 an-

1) Cerv. 136, 138.

zuföhren hatte. Wohl können im Laufe der Untersuchung infolge von Schädigungen, die neben der Kleinhirnverstümmelung bestehen, Bewegungen der Extremität zur Beobachtung kommen, bei denen die Kontraktionen in zitternder Weise erfolgen: so habe ich sie gelegentlich einmal vor Ablauf der Aethernarkose gesehen, ferner in einem späten Stadium der Sepsis, bei hochgradiger Abmagerung in der letzten Zeit vor dem Tode, auch in Fällen grober Verletzung von Nachbarorganen des Kleinhirns. Aber wo solche Schädigungen nicht vorliegen, wo lediglich die Folgen der Kleinhirnverstümmelung sich darstellen, zeigt sich niemals ein derartiges Zittern bei einer Bewegung der Extremität, weder beim Hunde noch beim Affen, und nicht nur nicht bei den isolierten, sondern auch nicht bei den Gemeinschaftsbewegungen der Extremität, beim Stehen, Gehen, Klettern usw. Oder, um jede Zweideutigkeit des Ausdrucks auszuschliessen, niemals zeigt sich bei den Bewegungen, welche die Extremitäten ausführen, eine Abweichung von der Norm, die zu vermuten gestattete, dass die Muskelkontraktionen, auf denen die Bewegungen beruhen, in zitternder Weise erfolgen, die Elementarimpulse, aus denen die Kontraktionen sich zusammensetzen, unvollständig verschmelzen oder die Einzelimpulse eine unvollkommene Summation erfahren. Dasselbe gilt auch für die isolierten und die Gemeinschaftsbewegungen des Kopfes und des Rumpfes. Es treten nur zu Zeiten am Kopfe und am Rumpfe bei gewissen Lagen oder Stellungen des Tieres und in ausschliesslicher Abhängigkeit von diesen die schwächeren oder stärkeren Oszillationen auf, die uns oben S. 312—314 mit dazu verholfen haben, den Verlust der feineren Art der Gleichgewichtserhaltung festzustellen. Und zu den Zeiten, zu welchen Kopf und Rumpf so oszillieren, können durch die Oszillationen die Extremitäten passiv mit hin und her geführt werden, sowohl wenn sie in Ruhe sind, wie wenn sie ihre eigenen normalen Bewegungen machen, und können neben den Oszillationen die normalen isolierten und Gemeinschaftsbewegungen von Kopf und Rumpf einhergehen.

In Ansehung der Oszillationen konnte Hr. Luciani von einem Zittern und Schwanken von Kopf und Rumpf sprechen und daran denken, dass die Ursache in zitterigen Kontraktionen, in unvollständiger Verschmelzung der Elementarimpulse gelegen sei, — worüber wir später werden weiter zu verhandeln haben. Aber ein folgenschwerer Irrtum war es, dass er die Oszillationen mit den willkürlichen Bewegungen zusammenwarf und auf die letzteren die vermeintliche Charakteristik der ersteren übertrug. Der wahre Sachverhalt ist gar nicht zu verkennen, sobald man die Tiere aufmerksam verfolgt. Denn man sieht einerseits die Oszillationen, ohne dass das Tier zu gleicher Zeit eine Bewegung ausführt; man sieht andererseits das Tier den Kopf, den Rumpf, die

Extremität normal bewegen, ohne dass zu gleicher Zeit Oszillationen bestehen; und man sieht endlich die Oszillationen und jene Bewegungen zeitlich zusammenfallen und sich, so zu sagen, algebraisch summieren. Lediglich unzureichender Beobachtung ist es daher zuzuschreiben, dass der Irrtum entstand und durch die Nachfolger von Hrn. Luciani nicht aufgeklärt wurde.

Zur Illustration kann sehr gut gerade das Fressen der Tiere dienen mit seinen Sonderbarkeiten, die jedem Untersucher aufgefallen sind, und die Hrn. Lucianis Angaben veranlasst haben, dass, wenn das Tier mit grosser Gier fresse, die Erscheinung des Zitterns verstärkt sei und den Charakter rhythmischer Schwankungen annehme, und dass der Arm des Affen zittere, wenn er Früchte zum Munde führe. Ich sagte oben S. 316, dass der Affe das mit der Hand gefasste Mohrrübenstück normal an den Mund bringt und frisst. So sieht man es nach dem Ablaufe der Narkose und an den folgenden Tagen regelmässig wieder, ob der Affe liegt oder angelehnt oder frei sitzt; auch wenn er den Kopf dabei dreht oder beugt, ist höchstens einmal ein schwaches Oszillieren des Kopfes bemerkbar. Aber plötzlich, bei wilden Affen früher, bei zahmen später, meist wenn der Affe schon seit einiger Zeit frei sitzt und infolge der Bewegungen, die er im Sitzen macht, gelegentlich auch grössere Oszillationen zeigt, verändert sich das Bild. Der Affe, der bis dahin ruhig sitzend die Hand an den Mund herankommen liess, führt jetzt den Kopf rasch ein Stück Weges der sich nähernden Hand entgegen. Sofort setzen grössere Oszillationen von Kopf und Rumpf ein, die den Arm mit hin und her gehen lassen, und die Hand verfehlt ihr Ziel; Arm und Kopf machen passende neue normale Bewegungen, um Hand und Mund zusammenzubringen; und wieder verhindern dies die Oszillationen, die mittlerweile sich noch verstärkt haben können; und so setzt es sich fort, bis endlich doch das Mohrrübenstück ungeschickt vom Munde gefasst wird oder, wie es auch zuweilen vorkommt, der Affe das vergebliche Mühen aufgibt; im einen wie im anderen Falle nehmen sogleich die Oszillationen ab und sind Kopf und Rumpf bald in Ruhe. Man kann den Vorgang mehrmals nach einander, auch in einer Reihe von Tagen sehen, und jedesmal unterlässt es schliesslich der Affe, mit dem Kopfe der Hand entgegenzugehen; er unterlässt es mit der Zeit immer eher, und endlich wird das anfängliche Verhalten wieder das bleibende, so dass unser Vorgang höchstens noch ausnahmsweise einmal und auch nur in abgekürzter und abgeschwächter Form zu beobachten ist. Entsprechend verläuft beim Hunde, wenn er zuerst, auf der Seite liegend, nahe dem Munde vorgehaltene Fleischstücke oder, in der Brustbauch- oder Brustbeckenlage gut aufruhend, unmittelbar vor ihm am Boden befindliche Fleischstücke aufnimmt, soviel er auch den Kopf dafür bewegt,

alles normal, nur hin und wieder sieht man ein schwaches Oszillieren des Kopfes. Aber anders ist es, wenn der Hund später im Liegen nicht mehr fest mit dem Rumpfe aufricht und wenn er gar sich streckt und strampelt, vollends wenn er geht und steht. Dann kommt es, sobald er den Kopf nach den Fleischstücken abwärts führt, zu grösseren Oszillationen von Kopf und Rumpf, die den Kopf vom Ziele ablenken und die Schnauze heftig gegen den Boden stossen machen und dieses Missgeschick, trotzdem dass der Hund dem Kopfe beim wiederholten Senken andere passende Richtungen zu geben bemüht ist, öfters wiederkehren lassen, weil mit den willkürlichen Kopfbewegungen auch die Oszillationen in der Richtung wechseln. Zeitlebens lässt der Hund dasselbe beobachten, jedesmal dass er mit Gier auf das Fleisch losgeht; doch wenn er nicht so gierig ist, legt er sich späterhin vor oder alsbald nach dem Beginn des Fressens, mit der Schnauze nahe dem Fleische, auf den Boden, verbessert auch wenn nötig noch nachträglich seine Lage, so dass alle oder wenigstens die grösseren Oszillationen von Kopf und Rumpf ausbleiben, und frisst wieder so normal wie zu Anfang.

Der Glaube an allgemeine Störungen der Motilität und Sensibilität hat also gar keine haltbare Unterlage gehabt. Im Gegenteil erweisen sich die Störungen nicht nur auf den Bereich von Wirbelsäule und Extremitäten beschränkt, sondern auch in diesem Bereiche noch enger begrenzt. Die Vermutung liegt deshalb nahe, dass ihr Umfang zur feineren Art der Gleichgewichtserhaltung, die sich als Funktion des Kleinhirns ergeben hat, in enger Beziehung steht; aber das wird sich erst beurteilen lassen, wenn wir unsere Kenntnis von den Störungen infolge des Kleinhirnverlustes vervollkommen haben.

XV.

Ueber die Funktionen des Kleinhirns.

Zweite Mitteilung.

(Sitzungsberichte der Berliner Akademie der Wissenschaften 1907. 16—32.)

7.

Ausser dem Fallen und dem Schwanken, denen wir soweit nachgegangen sind, hat uns das geschilderte Verhalten der Tiere auch das erschwerte und ungeschickte Gehen als Folge des Kleinhirnverlustes erkennen lassen¹⁾, und wir müssen deshalb das Gehen noch näher betrachten.

Sobald die Tiere nach der Totalexstirpation des Kleinhirns wieder ein paar Schritte nach einander machen können, ohne zu fallen, und weiter zeitlebens zeigen sie alle einen eigenartigen Gang, den ich oben kurz als hüpfend oder sprungartig bezeichnet habe. Hat ihn das Taumeln gestört, das Fallen unterbrochen, so wird er in derselben Weise wieder aufgenommen. Stellung und Haltung der Körperteile in Beziehung zur Gangrichtung sind die normalen, nur dass die Extremitäten abduziert sind, manchmal besonders die Hinterextremitäten, anderemal mehr die Vorderextremitäten; und der Kopf wird unverrückt, wie wenn der Hals steif wäre, so getragen, dass der Scheitel in die Verlängerung der Rückenlinie fällt. Mit einem Ruck geht bei gesenktem Hinterrumpfe der Vorderrumpf mit Kopf und Vorderextremitäten in die Höhe und dann mit stark gestreckter Wirbelsäule und weit nach vorn gestreckten Vorderextremitäten wieder abwärts, bis die Vorderfüsse gleichzeitig oder rasch nach einander — bei hartem Boden laut schallend — aufschlagen; darauf senkt sich der Vorderrumpf mit dem Kopfe und geht bei kräftiger Streckung der Hinterextremitäten der Hinterrumpf in die Höhe, und sogleich machen beide Hinterextremitäten einen Satz nach vorn, so dass sie gleichzeitig oder rasch nach einander zu Boden kommen; wieder geht der Vorder-

1) S. oben 311.

rumpf in die Höhe usw. Wie weit Vorder- und Hinterrumpf sich heben und senken, unterliegt bei den verschiedenen Tieren, aber auch bei demselben Tiere zu verschiedenen Zeiten und manchmal schon in den aufeinanderfolgenden Schritten sehr dem Wechsel: im allgemeinen sind Heben und Senken desto grösser und energischer, je rascher das Tier geht; und was beim langsamen Gehen selten, kommt beim raschen Gehen oder Laufen öfter vor, dass Steiss und Mund den Boden fast oder wirklich berühren, andererseits Vorder- und Hinterrumpf, insbesondere der erstere, so hoch gehoben werden, dass das Tier nach hinten oder vorn umzuschlagen droht, ja sogar gelegentlich einmal wirklich rücklings oder kopfüber umfällt¹⁾. Beim langsamen Gehen werden die Hinterfüsse in einigem Abstände hinter den Vorderfüssen aufgesetzt und hebt sich der Vorderrumpf erst nach einer längeren oder kürzeren Pause, beim raschen Gehen oder Laufen kommen die Hinterfüsse dicht hinter oder neben oder etwas vor den Vorderfüssen zu Boden und erfolgt schon zugleich das Heben des Vorderrumpfes; zwischen Aufsetzen der Vorderfüsse und Heben des Hinterrumpfes schiebt sich regelmässig eine Pause ein, die beim Laufen allerdings nur ganz kurz, aber immer doch auffällig ist.

Das Gehen der kleinhirnlosen Tiere weicht darnach durchaus ab von dem normalen Gehen der Hunde und Affen, bei dem die Hinterextremitäten gerade so, wie die Beine des Menschen, im Stützen und Schweben regelmässig abwechseln und jede Vorderextremität das Verhalten der gleichseitigen Hinterextremität um die halbe Zeitdauer des Stützens bzw. Schwebens verspätet wiederholt. Und doch erweist sich das Prinzipalzentrum, das die normalen Gehbewegungen der Extremitäten — das abwechselnde Beugen und Strecken der Extremitäten in der normalen Reihenfolge — anregt, bei den kleinhirnlosen Tieren unversehrt erhalten. Denn wir sehen den Hund in der zweiten Woche nach der Operation, sowohl wenn er auf der Seite liegt, wie wenn er an der Rückenhaut emporgehalten ist, manchmal von selber oder auf Reizung (Druck des Schwanzes oder der Zehen) die normalen Gehbewegungen der Extremitäten in der Luft machen; wir sehen auch, wenn um die Zeit der liegende Hund, mit den Beinen strampelnd, sich rückwärts im Kreise um eine Beckenseite am Boden verschiebt, das Strampeln in der Form der normalen Gehbewegungen erfolgen; wir sehen den Affen bald nach der Operation mit den normalen Gehbewegungen der Extremitäten an den Gitterstäben klettern; wir sehen, wenn, wie es hin und wieder geschieht, Hund und Affe, bevor sie sich zum Gehen aufstellen, die ersten Vorwärtsbewegungen derart machen, dass sie mit dem Bauche

1) S. oben 303.

auf dem Boden oder mit nur wenig vom Boden abgehobenem Rumpfe kriechen, die Bewegung mittels normaler Gehbewegungen der Extremitäten sich vollziehen. Dass trotzdem unsere Tiere nicht normal zu gehen vermögen, kann daher nur darin begründet sein, dass ihnen mit dem Kleinhirn das abhanden gekommen ist, was ausser den normalen Gehbewegungen der Extremitäten noch das normale Gehen erfordert: die Fähigkeit, mittels Wirbelsäule- und Extremitätenmuskeln das Gleichgewicht zu erhalten. Und da die Tiere bei ihrem eigenartigen Gehen das Gleichgewicht wohl zu erhalten vermögen, ist der Verlust schärfer dahin zu fassen, dass er die Art der Gleichgewichtserhaltung betrifft, die beim normalen Gehen mit den normalen Gehbewegungen der Extremitäten verknüpft ist.

Was vorher aus dem Fallen und dem Schwanken der kleinhirnlosen Tiere im allgemeinen sich ergab, lehrt so ihr eigenartiges Gehen nochmals im besonderen und lässt unmittelbar die Leistung des Kleinhirns für das normale Gehen erkennen. Noch mehr vor die Augen tritt diese Leistung, wenn man das Gehen unserer Tiere von Anfang an verfolgt. Zu allererst, wenn die Tiere sich erheben und zu gehen versuchen, machen sie — Hund wie Affe — mit den Extremitäten die normalen Gehbewegungen, und sogleich fallen sie zur Seite um. Dann ändern sie eine Zeitlang die Reihen- und die Zeitfolge der Bewegungen der Extremitäten ab, vielfach verschieden, so dass sich keine Regel erkennen lässt, und gelangen früher oder später alle dahin, dass sie die Vorderextremitäten gleichzeitig oder fast gleichzeitig vorbewegen. Die Hinterextremitäten folgen einzeln den Vorderextremitäten nach, zunächst die eine Hinterextremität und nach einer längeren Pause die andere, die inzwischen auf das Dorsum des Fusses oder auch die Vorderseite des Unterschenkels umgeschlagen zurückgeblieben ist; und jetzt fallen die Tiere nicht mehr sogleich, aber doch noch fast nach jedem Schritte um. Endlich werden einmal beim weiteren Gehen auch die Hinterextremitäten in einem Satze vorgebracht, und von da an geschieht dasselbe rasch immer häufiger, bis das sprunghafte Gehen zur Regel wird und die Tiere erst nach einer ganzen Reihe von Schritten fallen oder bloss taumeln. Hier sieht man das normale Gehen, das die Tiere nach der Operation beibehalten wollen, an der Unfähigkeit der Tiere, das Gleichgewicht dabei zu erhalten, scheitern und an seiner Stelle das sprunghafte Gehen allmählich sich entwickeln als die beste funktionelle Kompensation, welche die unversehrt erhaltenen Teile des Zentralnervensystems herstellen können. Nicht imstande, die feine Art der Gleichgewichtserhaltung, die bei den normalen Gehbewegungen der Extremitäten das Kleinhirn mit seitlicher Verschiebung des Schwerpunktes durchführte, seinerseits zu leisten, ermöglicht das Zentralnervensystem ohne Kleinhirn das Vorwärtskommen des Tieres bei

abwechselnder Bewegung des vorderen und des hinteren Extremitätenpaares mit grober Verlegung des Schwerpunktes nach hinten und nach vorn. Aber recht unvollkommen ist und bleibt der Ersatz. Denn während das normale Gehen spielend sich vollzog, erfolgt das sprungartige Gehen mit auffallend heftigen Bewegungen und bald zu Ermüdung und sogar Erschöpfung führendem Kraftaufwande, und dabei ist die Erhaltung des Gleichgewichtes nicht einmal durchaus gesichert, sondern immer noch gefährdet.

Deutlich geben denn auch die kleinhirnlosen Tiere, selbst wenn sie schon durch Wochen und Monate das sprungartige Gehen geübt haben, zu erkennen, wie ihnen das abwechselnde Bewegen von vorderem und hinterem Extremitätenpaare immer ein lästiger Notbehelf bleibt, zu dem sie nur ihre Zuflucht nehmen, wenn sie nicht anders vorwärtskommen können. Nicht selten beim Affen und noch öfter beim Hunde kommt es vor, dass das Tier inmitten des Gehens nach einer Anzahl sprungartiger Schritte unter Heben des Kopfes in die normalen Gehbewegungen verfällt und erst nachdem es gefallen oder getaumelt, wieder zum sprungartigen Gehen zurückkehrt. Will der in der Brustbeckenlage ruhende Hund ein Fleischstück fassen, das ihm in etwa 1 m Abstand vorgeworfen ist, so unterlässt er es in der Regel, sich aufzustellen, und bringt sich mit nur etwas vom Boden abgehobenem Rumpfe mittels der normalen Gehbewegungen der Extremitäten an das Fleischstück heran. Und wenn der Hund oder der Affe an die Wand geraten ist und an diese angelehnt ein Stück geht, so macht er dabei mit hochgetragensem Kopfe die normalen Gehbewegungen der Extremitäten und nimmt das sprungartige Gehen erst von neuem auf, wenn er sich von der Wand entfernt hat. Es lässt sich damit gut zusammenreihen, dass der kleinhirnlose Affe mit den normalen Gehbewegungen der Extremitäten an den Gitterstäben klettert, soviel dabei auch sein Rumpf schwankt und der Kopf an das Gitter schlägt¹⁾, und der kleinhirnlose Hund, worauf ich später (Kap. 9) noch eingehender zurückkomme, mit den normalen Gehbewegungen der Extremitäten schwimmt.

8.

Die feinere Art der Gleichgewichtserhaltung beim Sitzen, Stehen, Gehen usw. ist aber nicht die einzige Funktion, die dem Kleinhirn zukommt. Denn nach dem Verluste des Kleinhirns bieten sich an den Tieren auch für lange Zeiten Abnormitäten dar, die sich nicht vom Fehlen jener Gleichgewichtserhaltung ableiten lassen: das ungeschickte

1) S. oben 298, 324.

Greifen des Affen, auf das schon oben¹⁾ die Rede kam, und zweierlei Abnormitäten, die einen von Hrn. Luciani²⁾, die anderen von Hrn. Lewandowsky³⁾ aufgefunden, von denen hier noch zu sprechen ist.

Am emporgehaltenen Hunde hängen von Anfang an die Hinterbeine und später, wenn sie nicht mehr steif vorgestreckt bleiben, auch die Vorderbeine schlaffer als normal herab, weniger in den Gelenken gebeugt, und setzen sie der passiven Beugung und Streckung einen geringeren Widerstand entgegen als in der Norm. Letzteres zeigt sich ebenso am liegenden Hunde und ist oft sogar schon früh nach der Operation, wenn der Hund noch dauernd auf der Seite liegt, sobald man nur rasch zufasst, auch an den Vorderbeinen für die Beugung zu konstatieren. Die genauere Verfolgung dieser Abnormitäten stösst auf grosse Schwierigkeiten; auch wenn man die halbseitige Kleinhirnexstirpation, nach der die Abnormitäten bloss auf der Exstirpationsseite auftreten, zu Hülfe nimmt, um die beiderseitigen Extremitäten vergleichen zu können, lässt sich nur ausmachen, dass die Abnormitäten in den ersten Wochen eine Abnahme erfahren und dann in der geringeren Grösse lange bestehen bleiben.

Zieht man an dem auf den Tisch gestellten und an der Rückenhaut festgehaltenen Hunde ein Bein über den Tischrand hinaus, so lässt der Hund bis in den zweiten Monat nach der Operation hinein das Bein frei herabhängen; und manchmal nimmt er es auch noch in den nächsten Wochen nicht alsbald auf den Tisch zurück, sondern erst wenn ihm Fallen droht. Verschiebt man den auf dem Tische liegenden Hund mit dem Hinterkörper über den Tischrand hinaus, so lässt der Hund den Hinterkörper herunterhängen; frühestens wenn 8 Wochen seit der Operation vergangen sind, und in der Folge noch nicht jedesmal, setzt er Wirbelsäule und Hinterbeine in Bewegung, um den Hinterkörper wieder auf den Tisch zu bringen. Auch führt, worauf Hr. Lewandowsky Gewicht gelegt hat, der Affe selbst durch seine Bewegungen abnorme Lagen seiner Körperteile herbei, indem er den Gitterstab ungeschickt umfasst, so dass z. B. der Stab nicht zwischen Daumen und zweitem Finger, sondern zwischen anderen Fingern liegt; jedoch ist dies nicht, wie Hr. Lewandowsky will, „ganz regelmässig“ der Fall, sondern bildet eine seltene Ausnahme, die nur, wenn der Affe stürmisch den Stab erfasst, und auch dann nur zuweilen eintritt. Unzutreffend ist, was Hr. Lewandowsky sagt, dass der kleinhirnlose Hund, auch wenn er ruhig liegt, wochen- und monatelang nach der Operation eine falsche Lage der Extremität nicht korrigiere. Im Gegenteil ist es eine das

1) S. oben 316.

2) Cerv. 192. — Klh. 296, 331.

3) A. a. O. 161—3, 173.

Interesse des Beobachters immer wieder fesselnde Erscheinung, wie das in seiner Haltung beim Gehen und Stehen so schwer geschädigte kleinhirnlose Tier, Hund wie Affe, in der Ruhestellung von früh an, sobald es sich nur in der Stellung zu behaupten vermag, die Körperteile in der normalen Lage hält und nachdem es sie bewegt hat, in die normale Lage wieder zurückführt. Der Angabe von Hrn. Lewandowsky liegt nichts weiter zugrunde, als dass er die Vorderpfote nicht mit der Sohle dem Boden aufgesetzt fand an liegenden kleinhirnverletzten Hunden, die vor der Operation, wie er meinte, die falsche Lage jedesmal korrigiert hatten. Weder aber ist jene Haltung der Vorderpfote eine „falsche Lage“, noch wird sie beim kleinhirnlosen Hunde anders „korrigiert“ als beim normalen. Soviel ich auch beobachtete, so habe ich bei beiderlei Hunden in der Brustbauch- oder Brustbeckenlage doch immer nur dasselbe gesehen: der Fuss war an den nach vorn gelegenen Vorderbeinen entweder nach vorn gestreckt oder so nach hinten gebeugt, dass er an der Seite des Vorderarmes mit seinem äusseren Rande oder etwas mehr mit dem Dorsum dem Boden auflag, und wurde vom Hunde von Zeit zu Zeit unter Heben des Vorderbeines aus der ersten in die zweite Lage und umgekehrt übergeführt.

Dem äusseren Anscheine nach würden der letzten Gruppe noch ein paar Erscheinungen beizufügen sein. Stellt man in den ersten vier bis sechs Wochen nach der Kleinhirnexstirpation den aus dem Liegen emporgehobenen Hund an die Wand gelehnt auf seine Beine, und ist dabei ein Bein mit dem Rücken der Zehen oder des Fusses auf den Boden zu stehen gekommen, so belässt der Hund das Bein in der fehlerhaften Stellung, besonders wenn es sich um ein Vorderbein handelt. Man sieht ferner regelmässig den Hund in den Tagen, da er wieder zu gehen anfängt, bei den Gehversuchen bald mit den Rücken der Vorderfüsse oder mit den Vorderarmen auf den Boden kommen und in dieser Stellung die Vorderbeine vorbewegen, bald hinten auf die Kniee kommen und auf den Knien den Rumpf nach vorn verschieben, bald auch nur das eine oder das andere Bein in eine verkehrte Lage bringen und in dieser Lage bewegen. Und unter den nämlichen Umständen macht man die letzteren Beobachtungen auch beim Affen. Doch ist in diesen Fällen, in denen das Tier in Angst ist und Not, aufrecht zu bleiben, schon damit der ausreichende Grund gegeben, dass das Tier nicht auf die richtige Lage seiner Extremitäten hält. Es liefert sogar den Beweis, dass das Tier jede vermeidliche Bewegung scheut, was zuerst die HH. Ducceschi und Sergi¹⁾ bemerkt haben, dass der Hund nach halbseitiger Kleinhirnexstirpation, wenn man ihn zu der Zeit, da er sich

1) Arch. di Fisiologia 1. 1904. 236, 237.

noch nicht auf den Beinen zu erhalten vermag, angelehnt oder unterstützt auf die Beine stellt, öfters auch an den Beinen der unverletzten Seite fehlerhafte Stellungen nicht verbessert.

Ungeschicktes Greifen, Schläffheit der Extremitäten und Belassen von Wirbelsäule und Extremitäten in einigen unnatürlichen Lagen sind also die Abnormitäten, die noch eine besondere Betrachtung verlangen. Sie stellen sich etwa in der dritten Woche nach der Operation am reinsten als Folgen des Kleinhirnverlustes dar und lehren, dass das Kleinhirn, ausser dass es die feinere Art der Gleichgewichtserhaltung vollführt, auch noch im Bereiche von Wirbelsäule und Extremitäten einen Einfluss auf die Motilität ausübt. Diesen Einfluss gilt es tiefer zu erfassen; und wir haben da zuvörderst den Knoten zu lösen, den wir von Hrn. Luciani und Hrn. Lewandowsky, für deren Theorien der Kleinhirnfunktion die Abnormitäten wesentliche Grundlagen abgaben, in heftigem Streite geschürzt finden.

Nach Hrn. Luciani bringen die Abnormitäten eine neuro-muskuläre Atonie und Asthenie infolge des Kleinhirnverlustes zum Ausdruck, d. h. eine herabgesetzte Spannung der neuro-muskulären Apparate in der Ruhe und eine verminderte Energie bei der Tätigkeit der Apparate. Dagegen zeigen sie nach Hrn. Lewandowsky Störungen des Muskelsinnes infolge des Kleinhirnverlustes an, sind sie durch Störungen des Muskelsinnes bedingte Bewegungsstörungen oder der Ausdruck sensorischer Ataxie. Hr. Lewandowsky¹⁾ versteht dabei „unter Muskelsinn ganz allgemein das Vermögen, die Lage und die Bewegungen der Körperteile wahrzunehmen, sei es durch die Sensibilität der Muskeln selbst, sei es durch die der Haut und der Gelenke“, und will doch es unentschieden lassen, ob es sich um bewusste Sinnesempfindungen handelt oder nicht, ja schliesst am Ende seiner Betrachtungen die „Grosshirnstufe des Bewusstseins“ aus. Unter diesen Umständen hat es aber einerseits gar keinen Nutzen und unterliegt es andererseits schweren Bedenken, den Muskelsinn und den „Lagesinn“ ins Spiel zu bringen, und spricht man deshalb klarer und richtiger von Störungen bloss der Sensibilität der Haut, der Muskeln, der Gelenke oder, wenn man doch so, wie Hr. Lewandowsky, alles zusammen meint, kurz der Sensibilität.

Für den Nachweis der neuro-muskulären Atonie und Asthenie zieht Hr. Luciani²⁾ noch heran die grosse Muskelschwäche der Extremitäten, die sich in der anfänglichen Unfähigkeit der Tiere, die aufrechte Stellung anzunehmen und zu erhalten, wie in ihrem häufigen Fallen beim Gehen und im Einknicken der Extremitäten kundgebe, ferner die im Falle halbseitiger Kleinhirnexstirpation dynamometrisch feststellbare geringere Kraft,

1) A. a. O. 160, 182.

2) Cerv. 186 ff. — Kth. 290, 295—6, 299.

mit der sich der Affe auf der Exstirpationsseite an den Objekten festhalte, und den geringeren Gebrauch, den Hund und Affe nach halbseitiger Exstirpation von den Extremitäten der Exstirpationsseite für isolierte willkürliche Bewegungen machen. Dem entgegen macht Hr. Lewandowsky¹⁾ geltend, dass die motorische Schwäche lediglich von einem nicht richtigen Zusammenwirken der Muskeln bei den komplizierten Bewegungen herrühren könne, dass mit einer Asthenie unvereinbar seien die sehr ausgiebigen und sogar masslosen Bewegungen, die sich im ungewöhnlichen Hochheben und starken Aufschlagen der Extremitäten beim Gehen der Tiere zeigen, dass das ungeschickte Umfassen des Gitterstabes seitens des Affen gar nichts mit einer motorischen Schwäche zu tun habe, und dass nach halbseitiger Exstirpation die Extremitäten der Exstirpationsseite nicht wegen ihrer Schwäche, sondern wegen ihrer Ungeschicktheiten weniger benutzt werden. Indes sind diese Einwürfe nur ausreichend, um eine rein muskuläre, nicht aber um eine neuromuskuläre, d. h.²⁾ durch nervöse Asthenie bedingte muskuläre Asthenie auszuschliessen; denn es könnte sich auch bei den Erscheinungen, die Hr. Lewandowsky entgegenhält, lediglich um ein nicht richtiges Zusammenwirken der Muskeln bei den komplizierten Bewegungen handeln, und nichts stände dann im Wege, dass man überall das mangelhafte Zusammenwirken der Muskeln oder die Störung der normalen Koordination von nervösen Störungen, die sich der Lucianischen nervösen Asthenie unterordnen, ableitete.

Andererseits bekämpft Hr. Luciani³⁾ an der Lewandowskyschen Auffassung mit Erfolg wohl die „sensorische Ataxie“ und die Störungen des „Muskelsinnes“, an die er sich heftet, nicht aber die Störungen der Sensibilität. Allerdings lässt sich nicht auf eine Schädigung der Sensibilität durch den Kleinhirnverlust daraus schliessen, dass der Hund in der Zeit nach der Operation, in der er sich nicht auf den Beinen zu erhalten vermag, nicht auf abnorme Stellungen der Beine reagiert. Aber es ist auch nicht das Gegenteil, dass die Sensibilität unversehrt bleibt, bewiesen, wenn nach einer Reihe von Monaten die Reaktionen regelmässig wie in der Norm erfolgen. Immer bleibt, dass in der ganzen Zwischenzeit der Hund fehlerhafte Stellungen von Körperteilen zuerst überhaupt nicht und später nicht so regelmässig wie in der Norm verbessert, ein Hinweis auf Störungen der Sensibilität, der mit der Bemerkung, dass „manchmal“ die Reaktionen ausbleiben und „ein einziger, sicher beobachteter positiver Beweis eine grössere Beweiskraft besitzt als viele negative“, nicht sich abfertigen lässt. Kommen dann noch die

1) A. a. O. 158—9, 163, 169—71.

2) Luciani, Klh. 296.

3) Klh. 330—2, 300—2.

Schlaffheit der Extremitäten und, was Hr. Luciani gar nicht berücksichtigt hat, das ungeschickte Greifen des Affen hinzu, so dass eine Reihe von Erscheinungen den Folgen der Durchschneidung hinterer Rückenmarksnerven-Wurzeln entspricht, so ist der Schädigung der Sensibilität die Wahrscheinlichkeit, zum mindesten die Möglichkeit nicht abzusprechen. Und daran ändert nichts, dass, wie Hr. Luciani hervorhebt, der kleinhirnlose Hund in der Ruhelage, von Insekten belästigt, die Haut des Bauches oder der Brust zweckentsprechend mit den Hinterbeinen kratzt, da hierdurch immer nur dargetan ist, dass die Sensibilität nicht überall und schwer, nicht aber, dass sie überhaupt nicht geschädigt ist.

So kann keiner der beiden Gegner den anderen widerlegen und sieht man Recht und Unrecht auf beiden Seiten. erinnert man sich, dass Hr. Luciani doch schliesslich den verstärkenden Einfluss oder die motorische Leistung des Kleinhirns durch die von den Organen des Hautmuskelsinnes zentripetalwärts zum Kleinhirn führenden Bahnen angeregt oder unterstützt sein lässt¹⁾, so ist es schwer zu verstehen, wie er sich gegen die Möglichkeit sträubt, dass der Verlust des Kleinhirns Störungen der Sensibilität mit sich bringt. Ich glaube, dass Hr. Luciani zunächst im „Il Cervelletto“ ganz unter dem Eindrücke seiner Versuchsergebnisse stand, die ihn jede Sensibilitätsstörung in Abrede stellen liessen, und von dem Eindrücke auch später, als er auf Störungen der Sensibilität aufmerksam gemacht war, sich deshalb nicht zu befreien vermochte, weil das Hineinziehen des Muskelsinnes Unklarheit in die Frage gebracht hatte. War nun Hr. Lewandowsky damit im Rechte, dass er die zur Sprache gebrachten Abnormitäten nicht als reine oder ausschliessliche Störungen der Motilität anerkannte und für Störungen der Sensibilität eintrat, so ist er hinwiederum darin im Unrechte, dass er (abgesehen von den Zwangsbewegungen) alle Bewegungsstörungen, die der Kleinhirnverlust herbeiführt, durch die Störungen der Sensibilität („durch eine schwere Störung des Muskelsinnes“) bedingt sein lässt. Er hat dabei übersehen, dass, was man bezüglich der Bewegungsstörungen nach dem Verluste sensibler Bahnen schliessen darf, nicht auch zu schliessen gestattet ist nach dem Verluste eines zentralen Organes, das die Endigungen der sensiblen Bahnen und die Ursprünge der motorischen Bahnen beisammen enthält. Im letzteren Falle treten zu den im ersteren Falle vorhandenen Bewegungsstörungen infolge der Mitvernichtung der motorischen Teile noch weitere, und zwar rein motorische Störungen hinzu, weil in der Norm motorische Leistungen des zentralen Organes nicht bloss durch Anregung seitens seiner sensiblen Teile, sondern auch anderweitig, automatisch oder durch anderswoher stammende (interzentrale) Anregung,

1) S. oben 288—9.

zustandekommen könnten. Und auch darin ist Hr. Lewandowsky nicht im Rechte, dass er sich der Lucianischen Aufstellung der neuro-muskulären Atonie und Asthenie widersetzt. Gleichviel ob die Abnormitäten rein motorischer Natur nach Hrn. Luciani oder primär sensibler und erst sekundär motorischer Natur nach Hrn. Lewandowsky waren, immer lagen Motilitätsstörungen vor, deren Wesen aufzuklären war: und den Versuch einer physiologischen Analyse hatte Hr. Luciani gemacht. Dem gegenüber ist es ein Rückschritt, dass Hr. Lewandowsky, den alten klinischen, wie er selbst sagt, Sammelnamen „Ataxie“ aufnehmend, die „Identität von Ataxie und Unzweckmässigkeit“ vertritt und zum Schlusse als Folge der Muskelsinnstörung nichts anderes hinstellt als „den Verlust der Fähigkeit, die Bewegungen abzustufen, die verhältnismässige Stärke und Schnelligkeit und die Reihenfolge der einzelnen oder synergisch verbundener Muskelkontraktionen zu regeln, daher die Bewegungen den ausgesprochenen Charakter der Unzweckmässigkeit erhalten“. Zudem liessen sich die neuro-muskuläre Atonie und Asthenie auch gar nicht widerlegen; es liess sich bloss bezweifeln, ob sie, wie sie Hr. Luciani aufgestellt und vertreten hatte, zur Erklärung der Erscheinungen ausreichten.

Das sachliche Ergebnis, das aus dem Streite zu entnehmen ist, geht demnach dahin, dass die in den Abnormitäten gegebenen Motilitätsstörungen auf neuro-muskulärer Atonie und Asthenie beruhen und mehr oder weniger die Folgen von Sensibilitätsstörungen sein können. Ein besseres Ergebnis war auch zur Zeit des Streites kaum zu gewinnen; aber mittels der Einsicht, die unsere Untersuchung über die Folgen des Sensibilitätsverlustes der Extremität für deren Motilität verschafft hat¹⁾, vermögen wir darüber hinaus zu kommen.

Das schlaffe Herabhängen der Extremitäten am emporgehobenen kleinhirnlosen Tiere zeigt den Fortfall einer schwachen Erregung oder erhöhten Erregbarkeit an, die am unversehrten Tiere für Mark- und Muskelzentren der Extremitäten durch die schwach erregten motorischen zentralen Elemente des Kleinhirns herbeigeführt ist; und die Erregung dieser zentralen Elemente versteht sich durch die Erregungen, die, in der Norm stetig von den Extremitäten her auf den sensiblen Bahnen dem Zentralnervensystem zufliegend, auf den zum Kleinhirn führenden Bahnen zu diesem gelangen, — abgesehen von den interzentralen Erregungen, die, wie wir vorhin sahen, noch hinzukommen können. Auf die Herabsetzung der Erregbarkeit jener Mark- und Muskelzentren lassen sich dann das ungeschickte Greifen und, um dies sogleich hinzuzunehmen, nach halbseitiger Kleinhirnexstirpation die geringere Kraft der Extremitäten

1) S. oben 271 ff.

der Exstirpationsseite und ihre geringere Verwendung für isolierte willkürliche Bewegungen zurückführen, wie in meiner früheren Mitteilung ausführlich dargelegt ist und nicht der Wiederholung bedarf. Auch ist dort das gleiche dargetan, worauf ich besonders aufmerksam machen will, für die sehr ausgiebigen oder masslosen Bewegungen, die sich im ungewöhnlichen Hochheben und starken Aufschlagen der Extremitäten, besonders der Vorderextremität, beim Gehen zeigen, und die der „Dysmetrie der Bewegungen“ eine grosse Rolle im Luciani-Lewandowsky-schen Streite zugewiesen haben, ohne dass es zu einer irgendwie begründeten Aufklärung kam¹⁾. Die Dysmetrie ist die notwendige Folge der Herabsetzung der Erregbarkeit der Mark- und Muskelzentren bei koordinierten Bewegungen, für deren Zustandekommen die Tätigkeit mehrerer Muskel- oder Markzentren in Abhängigkeit von einander und in bestimmter Zeitfolge nach einander erforderlich ist. Wo das Heben der Extremität in Senken, das Beugen in Strecken, das Abduzieren in Adduzieren unmittelbar überzugehen hat, ist durch jene Herabsetzung der Erregbarkeit die zweite Bewegung verzögert oder gar gehemmt und geht infolgedessen die erste Bewegung über das normale Mass hinaus. Ich verweise auf das Verhalten des anästhetischen Armes, wenn der Affe in Angst sich hinter der Stange aufstellt oder auf die Stange springt, wenn er das Fehlgreifen mit Hin- und Hergehen des Armes verbessert, wenn er sehr rasch auf drei Extremitäten läuft oder klettert²⁾. Dass beim Gehen die zu hoch gehobene Extremität dann stark auf den Boden schlägt, kommt dadurch zustande, dass infolge der Verzögerung der Unterstützung der Rumpf nach dieser Extremität hin über die Norm hinaus fällt und die Extremität, dem Sturze belegend, rasch mit kräftiger Streckung gegen den Boden stösst.

Es bleibt übrig die Abnormität, dass der unterstützte, vor dem Fallen gesicherte kleinhirnlose Hund die Extremität, wenn sie über den Tischrand hinaus gezogen ist, dort belässt. Ich hatte die Abnormität in der früheren Mitteilung bei der Extremität, deren hintere Rückenmarksnerven-Wurzeln alle durchtrennt waren, nicht zu behandeln, weil das Verbleiben der Extremität in allen abnormen Lagen, in die sie geraten oder übergeführt war, sich von selbst verstand, wo von der Extremität gar keine sensiblen Erregungen mehr zu den Zentralorganen gelangen konnten. Ein solcher Verlust der Sensibilität kann aber unserer Abnormität beim kleinhirnlosen Hunde nicht zugrunde liegen, und ebenso wenig lässt sich die Abnormität der Herabsetzung der Erregbarkeit von Mark- und Muskelzentren zuschreiben, weil wir daneben den Hund

1) Luciani, Cerv. 193, 201—3; Klh. 297, 305—7, 331—3, 336. — Lewandowsky, a. a. O. 158—9, 167—8.

2) S. oben 256, 262, 274.

andere fehlerhafte Lagen der Extremität, so wenn wir sie auf den Rücken der Zehen oder des Fusses gestellt haben, nicht beibehalten, sondern wie in der Norm, höchstens mit einiger Verzögerung verbessern sehen. Die Erklärung findet sich, wenn wir nachholen, was wir soweit aufgeschoben haben, und das Verhalten der Sensibilität näher ins Auge fassen.

Am kleinhirnlosen Affen bietet sich bei der Prüfung der Hautsensibilität nichts Abnormes dar. Der Affe reagiert am Tage nach der Operation prompt mit Bewegungen, wenn er, ohne dass er es sieht, irgendwo an seinem Körper mit dem Finger oder dem Pinsel berührt wird. Manchmal grunzt er unwillig und verändert er rasch seine Lage, hin und wieder stellt oder setzt er sich hastig auf oder springt er sogar in die Höhe. Treten solche Bewegungen nicht ein, so sieht er nach der berührten Stelle hin; auf Berührung der Finger oder des Handrückens zieht er die Hand oder den Arm zurück, und zuweilen geht er dann noch schleunigst mit dem Arme vor, um das berührende Objekt zu fassen; auf Berührung der Hohlhand schliesst er fest die Hand; auf Berührung des Fusses hebt er den Fuss oder zieht er das Bein beiseite. Auf stärkeren Druck der Haut stellen sich stärkere und weiter ausgedehnte Bewegungen ein. Ebenso ist in der Folge alles nicht merklich anders als in der Norm. Und auch nach der halbseitigen Kleinhirnexstirpation stellt sich in den Reaktionen kein Unterschied zwischen den beiden Seiten des Affen heraus.

Auch der kleinhirnlose Hund reagiert, sobald er nach der Operation munter ist und ruhig liegt, auf Berührungen, die er nicht sieht, manchmal stürmisch, indem er schreit, sich erhebt, sich überschlägt, rollt, manchmal mit Bewegung der Augen, Streckung der Vorderbeine, Gehbewegung der Hinterbeine; und später sind Drehung des Kopfes, Bewegung der Augen, Beugung des berührten Beines, weiter ausgedehnte Bewegungen gewöhnlich die Folgen wie in der Norm. Doch, wie man es schon bei normalen Hunden sieht, wiederholen sich die Reaktionen nicht in gleicher Weise und bleiben sie hin und wieder sogar aus; so dass, ob auch die Grösse der Reaktion der Norm entspricht oder etwas hinter ihr zurückbleibt, schwer zu entscheiden ist, selbst nach der halbseitigen Exstirpation, wenn man die beiden Seiten des Hundes vergleicht. Was hier Hr. Russell¹⁾ bei der Prüfung mit schmerzhaften Reizungen trotz den, wie er selber sagt, verworrenen Ergebnissen und trotz widersprechenden Erfahrungen zu erkennen gemeint hat, dass die Reaktion vom Vorderbeine der Exstirpationsseite und von beiden Hinterbeinen aus in der ersten Woche ausbleibe oder herabgesetzt sei und in 8—10, selten mehr Tagen nach der Operation zur Norm zurückkehre,

1) A. a. O. 835—8.

kann ich nicht bestätigen; ebensowenig, was nach Hrn. Lewandowsky¹⁾ sogar auffallen soll, dass die Schmerzempfindlichkeit der Haut nicht unerhebliche Zeit nach der halbseitigen Exstirpation sich abgeschwächt erweise. Ich habe aus meinen vielen Prüfungen der Folgen starken Drückens der Zehenhaut nur entnehmen können, dass manchmal die Extremitäten der Exstirpationsseite in Stärke und Umfang der Reaktionsbewegungen etwas hinter den gleichnamigen Extremitäten der anderen Seite zurückbleiben, und dass hierin und ebenso in den Schmerzäusserungen am Kopfe, im Verziehen von Mund und Nase, im Schreien, im Beissenwollen kein Unterschied besteht, ob der gleiche Angriff an den Zehen der Exstirpationsseite oder an den Zehen der anderen Seite erfolgt. Dagegen habe ich neben Unzutreffendem Richtiges gefunden in Hrn. Lewandowskys Angabe²⁾: dass der Berührungsreflex³⁾ regelmässig nach halbseitiger Exstirpation auf der verletzten Seite zunächst aufgehoben sei, sich zwar allmählich wieder herstelle, aber noch lange Zeit schwächer als auf der gesunden Seite bleibe; und dass er nach Totalexstirpation noch länger fehle und, wenn er auch schliesslich wieder zurückkehre, doch immer recht schwach bleibe. Ich habe am kleinhirnlosen Hunde den Berührungsreflex von den Hinterbeinen regelmässig und anscheinend nicht schwächer als in der Norm erhalten, sobald nur die Verfassung des Tieres die Prüfung gestattete, oft schon 2 Tage nach der Operation, sonst an einem der nächstfolgenden Tage; und an den Vorderbeinen, an denen durch längere Zeit nach der Operation die Prüfung dadurch verhindert war, dass sie am emporgehaltenen Hunde immer steif vorgestreckt waren, trat manchmal sogleich, wenn die Beine zu Zeiten gebeugt gefunden wurden, der Berührungsreflex auf, frühestens am 9. Tage nach der Operation, manchmal erst später. Ebenso verhielt es sich nach halbseitiger Exstirpation mit dem Berührungsreflexe auf der Exstirpationsseite. Aber hier ergab sich dann unter oftmaliger vergleichender Prüfung zu allen Zeiten, dass auf der Exstirpationsseite der Berührungsreflex vom Hinterfusse aus ein wenig schwächer war und vom Vorderfusse aus ein wenig schwerer sich erzielen liess als auf der anderen Seite.

Nun hat zwar Hr. Lewandowsky in dem vermeintlichen Ausbleiben oder der Störung des Berührungsreflexes ein objektives Zeichen einer Störung der Hautsensibilität gesehen und daraufhin sogar schon dem Berührungsreflexe eine kortikale und eine subkortikale Komponente zugeschrieben. Aber seiner Auffassung fehlte die Berechtigung; denn er hat dabei, wie er überall bloss die Sensibilität im Auge hatte, ausser Acht gelassen, dass es ja im Wesen eines Reflexes liegt, dass seine

1) A. a. O. 182.

2) Ebenda 183.

3) S. oben 24—5.

Störung durch die Schädigung ebensowohl der efferenten wie der afferenten nervösen Teile verursacht sein kann. Die Gesamtheit der vorgeführten Erfahrungen lässt keinen Zweifel, dass die kleine Schwächung oder Erschwerung, die der Berührungsreflex beim Hunde zeigt, in der Herabsetzung der Erregbarkeit auf der motorischen Seite des Reflexbogens ihre natürliche Erklärung findet und die Hautsensibilität am kleinhirnlosen Tiere nicht verändert ist. Die Bahnen, die in der Norm sensible Erregungen zum Kleinhirn führen, müssen deshalb solche sein, die der Sensibilität der Muskeln, Sehnen, Gelenke, Knochen oder, wie man sie im Gegensatze zur Hautsensibilität kurz nennt, der Tiefensensibilität dienen. Und mit der Schädigung der Tiefensensibilität der Extremität infolge des Kleinhirnverlustes ist das Verständnis für unsere in Rede stehende Abnormität gegeben. Am kleinhirnlosen Hunde wird die Extremität aus abnormen Lagen, die mit abnormen sensiblen Erregungen ebensowohl von der Haut wie von den Muskeln, Gelenken usw. her verbunden sind, so aus dem abnormen Stehen auf dem Zehen- oder Fussrücken, in die normale Lage zurückgeführt, weil die Hautsensibilität unversehrt erhalten ist; höchstens ist durch die Schädigung der Tiefensensibilität und die Herabsetzung der Erregbarkeit der Mark- und Muskelzentren eine Verzögerung bewirkt. Dagegen werden wegen jener Schädigung und dieser Herabsetzung abnorme Lagen der Extremität beibehalten, die mit abnormen sensiblen Erregungen hauptsächlich von den Muskeln, Gelenken usw. und nur wenig von der Haut her verbunden sind, wie das freie Herabhängen der Extremität jenseits des Tischrandes an dem auf dem Tische stehenden Hunde.

Die Schädigung der Tiefensensibilität ist noch genauer zu bestimmen. Da nach der Totalexstirpation der Extremitätenregion der Grosshirnhemisphäre, wenn nach den ersten Wochen die Folgen des operativen Angriffs sich verloren haben — es ist das, wie ich erinnere, die Zeit, an die wir uns hier immer halten —, die zugehörige Extremität in allen abnormen Lagen verbleibt, so reichen in der Norm die niedereren Teile des Zentralnervensystems für sich allein nicht aus, um die normale Lage wiederherzustellen, sondern bedarf es dazu der Extremitätenregion. Wenn nun nach dem Kleinhirnverluste am sonst unversehrten Hunde abnorme Lagen der Extremität verbessert werden, die mit abnormen Erregungen ebensowohl der Haut- wie der Tiefensensibilität, nicht aber solche, die hauptsächlich mit Erregungen der Tiefensensibilität verbunden sind, so müssen in der Norm Erregungen der Tiefensensibilität der Extremität durch das Kleinhirn der Extremitätenregion zufließen. Hinwiederum müssen andere solche Erregungen in der Norm ohne Vermittelung des Kleinhirns die Extremitätenregion erreichen, weil nach dem Kleinhirnverluste das Verbleiben der Extremität in den abnormen Lagen eine verhältnismässig

rasch vorübergehende Erscheinung ist, schon 5—6 Wochen nach der Operation wieder eine Verbesserung jener Lagen erfolgt. Dabei gibt nichts zu vermuten Anlass, dass von irgendwelchen Teilen der Extremität mehr Erregungen der Tiefensensibilität zum Kleinhirn und durch dieses zur Extremitätenregion fließen, als ohne Vermittelung des Kleinhirns zur Extremitätenregion gelangen. Wohl aber muss es auffallen, wie nach dem Kleinhirnverluste die isolierten willkürlichen Bewegungen der Extremität zur Ausführung kommen¹⁾, ohne dass eine Abnormität bemerklich wird, selbst beim Greifen des Affen nur der vorgestreckte Arm ein paar-mal hin und her geht und Hand und Finger die normalen Bewegungen machen. Es ist ferner geradezu überraschend, wie nach dem Kleinhirnverluste trotz dem taumelnden Gange und trotz den unregelmässigen und ungeschickten Bewegungen der ganzen Extremitäten Hand und Fuss normal bewegt und aufgesetzt werden, kein Scharren und Schleifen mit den Zehenrücken beim Gehen, kein Umgeknicktsein der Zehen oder des Fusses beim Stehen, kein Verfehlen und schlechtes Fassen beim Klettern sich zeigen. Abnorme Bewegungen und Stellungen der unteren Glieder der Extremität kommen gar nicht anders zur Beobachtung, als wo sie einfach durch die augenblickliche Not der Tiere, denen Fallen droht, verständlich sind: so, wenn Hund und Affe bei ihren ersten Gehversuchen auf den Knien oder Fussrücken rutschen, und wenn der Affe beim Klettern unter dem starken Hin- und Herschwanken des Rumpfes oder beim Sitzen unter dem plötzlichen Verluste des Gleichgewichtes und dem Haschen nach einem Halt gelegentlich einmal schlecht den Stab erfasst. Darnach hat es die Wahrscheinlichkeit für sich, dass von der Extremität und besonders den ihren unteren Gliedern zugehörigen Muskeln, Gelenken usw. weniger Erregungen der Tiefensensibilität mittelbar durch das Kleinhirn als unmittelbar zur Extremitätenregion gelangen. Aber beweisen lässt es sich zur Zeit nicht, und wir wollen deshalb dabei stehen bleiben, dass von den sensiblen Erregungen, die von den Muskeln, Gelenken, Knochen usw. der Extremitäten ausgehen, der eine Teil, der in der Norm den Weg über das Kleinhirn zum Grosshirn nimmt, mit dem Kleinhirn verloren geht.

Die Beeinflussung der Motilität im Bereiche von Wirbelsäule und Extremitäten, die als weitere Funktion des Kleinhirns unsere Abnormitäten aufdeckten, ist damit aufgehehlt. Zwar haben sich unsere Ausführungen lediglich an die Extremitäten gehalten, weil entsprechendes Beobachtungsmaterial für die Wirbelsäule fehlt und schwer zu beschaffen sein würde; aber bei dem Zusammenhange zwischen Wirbelsäule und Extremitäten, den hier das abnorme Herabhängen auch des Hinterkörpers des Hundes

1) S. oben 315ff.

jenseits des Tischrandes kundtut, gehen wir gewiss nicht fehl, wenn wir das Ermittelte auch auf die Wirbelsäule übertragen. Es ist also die weitere Funktion des Kleinhirns, dass seine motorischen zentralen Elemente, schwach erregt infolge der Erregungen, die beständig aus dem Bereiche von Wirbelsäule und Extremitäten auf Bahnen der Tiefensensibilität dem Kleinhirn zufließen, und interzentraler Erregungen, die noch hinzutreten können, eine schwache Erregung oder erhöhte Erregbarkeit von Mark- und Muskelzentren für den Bereich von Wirbelsäule und Extremitäten herbeiführen. Wo es auf Kürze und nicht auf Genauigkeit des Ausdrucks ankommt, kann man demgemäss, wie von einem Rückenmarkstonus und einem Grosshirn- oder Rindentonus, auch von einem Kleinhirntonus sprechen, wenn man nur festhält, dass der Kleinhirntonus sich auf den Bereich von Wirbelsäule und Extremitäten beschränkt und nicht in der Haut- und der Tiefensensibilität, sondern ausschliesslich in der letzteren seine Quelle hat.

Doch ist diese weitere Funktion des Kleinhirns eben nur eine Funktion, die das Kleinhirn, wie wir nach unseren früheren Untersuchungen voraussehen konnten¹⁾, mit dem Grosshirn, dem Rückenmark, den Prinzipalzentren, den Markzentren gemein hat. Seine spezifische Funktion ist, wie wir zuvor fanden²⁾, die feinere Gleichgewichtserhaltung oder Gleichgewichtsregulierung beim Sitzen, Liegen, Gehen, Stehen usw. Dafür ist das Kleinhirn im Bewegungsapparate des Tieres das besonders hergerichtete Organ und kommt es nach Bedarf in Tätigkeit. Ist es nicht derart tätig, ist es im sogenannten Ruhezustande, so beeinflusst es — wie die anderen zum Bewegungsapparate gehörigen zentralen Organe, und zwar ein jedes die ihm für seine spezifische Funktion untergeordneten Zentren — Mark- und Muskelzentren für den Bereich von Wirbelsäule und Extremitäten, indem es diese Zentren mehr oder weniger, aber immer nur schwach erregt oder in ihrer Erregbarkeit erhöht.

Das ist also die Einsicht, die uns die Betrachtung der Tiere zur Zeit, da sich die Folgen des Kleinhirnverlustes am reinsten an ihnen darbieten, gewinnen lässt. Und sie findet Bestätigung und Verfeinerung, wenn wir nunmehr noch die Erscheinungen in der ersten Zeit nach der Operation, ferner das Verhalten der Tiere nach halbseitiger Exstirpation und was sich daran anschliesst, ins Auge fassen.

1) S. oben 285, 287, 290.

2) S. oben 314, 317.

XVI.

Ueber die Funktionen des Kleinhirns.

Dritte Mitteilung (Schluss).

(Sitzungsberichte der Berliner Akademie der Wissenschaften 1908. 294—326.)

9.

Im Verhalten der Tiere während der ersten Zeit nach der Kleinhirnexstirpation sollten die Folgen des Kleinhirnverlustes zusammen mit den Folgen des operativen Angriffs zum Ausdruck kommen¹⁾: und so stellt es sich in der Tat heraus.

Als operative Folgen haben sich an anderen Teilen des Zentralnervensystems rasch an Grösse abnehmende Störungen der Art ergeben, dass manchmal die Nachbarschaft des exstirpierten Teiles und immer die niedereren motorischen Zentren, zu denen vom exstirpierten Teile motorische Bahnen gehen, in ihrem Funktionieren beeinträchtigt sind. In unserem Falle kommen Funktionsstörungen der Nachbarschaft nicht zur Beobachtung, offenbar weil das Kleinhirn nicht aus einem ausgedehnten nervösen Zusammenhange mit der Umgebung durch das Messer loszulösen ist, sondern, wie es als geschlossenes Ganzes gleichsam als ein Anhängsel lediglich durch seine Stiele mit dem übrigen Zentralnervensystem in Verbindung steht, durch die blosse Durchtrennung dieser Stiele sich exstirpieren lässt. Aber die dem Kleinhirn untergeordneten motorischen Zentren, Mark- und Muskelzentren für den Bereich von Wirbelsäule und Extremitäten, erweisen sich zunächst nach der Operation ansehnlich beim Affen und noch beträchtlich mehr beim Hunde in ihrer Erregbarkeit herabgesetzt, und diese Herabsetzung nimmt mit der Zeit, beim Affen rascher, beim Hunde langsamer, bis zu der geringen Grösse ab, in der sie die Folge des Kleinhirnverlustes ist und als solche verbleibt. So prägt sich die operative Herabsetzung in dem Mühsamen, Schwerfälligen und Ungeschickten der Aufstehversuche aus, die der Affe

1) S. oben 311.

nach dem Ablaufe der Narkose, der Hund in den ersten Wochen macht¹⁾, im konvexen Rücken und gesenkten Kopfe, wie im Kollabieren des Affen, wenn er in den ersten Tagen nach der Operation an die Wand gelehnt sitzt²⁾, in der anfänglichen Schlaffheit der Hinterbeine am emporgehaltenen Hunde³⁾, in dem derzeitigen Greifen des Affen⁴⁾, in dem seltenen Auftreten isolierter willkürlicher Bewegungen am Vorderbeine des Hundes während der ersten Wochen⁵⁾. Sie gibt sich aber auch in dem zu erkennen, was früher auffallen durfte⁶⁾, dass die gröbere Art der Gleichgewichtserhaltung, die nach dem Kleinhirnverluste mehr und mehr als funktioneller Ersatz für die fehlende feinere Art der Gleichgewichtserhaltung eintritt, nicht sogleich nach der Exstirpation, sondern erst nach einer gewissen Zeit sich bemerklich macht, obwohl die Hirnteile, auf deren Wirken sie beruht, unversehrt sind: die Tätigkeit dieser Hirnteile muss erfolglos bleiben, so lange die Mark- und Muskelzentren für den Bereich von Wirbelsäule und Extremitäten zu der Mitwirkung, die sie, wie für die feinere, so auch für die gröbere Gleichgewichtserhaltung zu leisten haben, nicht fähig sind.

Der Verlust der feineren Gleichgewichtserhaltung als Folge des Kleinhirnverlustes hinzugenommen, ist es dann in allen Stücken klar, was das Verhalten der kleinhirnlosen Tiere in der ersten Zeit nach der Operation charakterisiert, dass die Tiere nach anfänglichen vergeblichen Aufstehversuchen durch viele Tage am Boden liegen bleiben, der Affe in der Brustbauch- oder Brustbeckenlage, der Hund in der Seitenlage, ohne mehr als hin und wieder eine Lageveränderung dort vorzunehmen oder einen Aufstehversuch zu wiederholen. Beim Hunde ist die operative Herabsetzung der Erregbarkeit der genannten Zentren so gross und erfolgt ihre Abnahme so langsam, dass der Hund frühestens zu Ende der zweiten Woche nach der Operation dazu kommt, sich auf die Beine zu stellen, und bleibt entsprechend die funktionelle Kompensation des Verlustes der feineren Art der Gleichgewichtserhaltung so weit zurück, dass der Hund fast erst um dieselbe Zeit seine gewohnte Ruhestellung, die Brustbauch- oder Brustbeckenlage, einzuhalten imstande ist. Beim Affen nimmt die von vorneherein kleinere Herabsetzung rascher ab und macht sich demgemäss auch die funktionelle Kompensation früher geltend; daher der Affe, wenn er in Angst oder Zorn versetzt ist, schon in den ersten Tagen nach der Operation unter der im Affekt verstärkten Inner-

1) S. oben 297, 300.

2) S. oben 298, 311.

3) S. oben 327.

4) S. oben 316—7.

5) S. oben 309—10.

6) S. oben 315.

vation sich erheben, klettern, gehen, springen kann und nicht nur bald nach der Operation sich in der Brustbauch- oder Brustbeckenlage, sondern auch schon zu Anfang der zweiten Woche in der Sitzstellung zu behaupten vermag. Wie die Unfähigkeit der Tiere, sich aufzustellen und die gewohnte Ruhestellung einzunehmen, die sogenannten Zwangsbewegungen mit sich bringt, haben wir schon früher¹⁾ gesehen.

Mit dem Verhalten der Tiere nach der halbseitigen Kleinhirnexstirpation brauchten wir nach der Art unseres Vorgehens im grunde nicht mehr uns zu befassen; denn wir könnten bei der Kenntnis der Funktionen des Kleinhirns stehen bleiben, ohne weiter die Frage zu verfolgen, welchen Anteil an diesen Funktionen die einzelnen Teile des Kleinhirns nehmen. Aber wie die Forschung am Kleinhirn sich entwickelt hat, wie man das Organ von jeher zu allermeist einseitig angegriffen und neuerdings hauptsächlich die Folgen der halbseitigen Exstirpation den Theorien des Kleinhirns zugrunde gelegt hat, würden wir unsere Untersuchung nicht zum befriedigenden Abschlusse bringen, wenn wir nicht noch an den letzteren Folgen die Zuverlässigkeit unserer Ermittlungen prüften.

Zur übersichtlichen Orientierung kann hier die Schilderung dienen, wie sie Hr. Luciani vom Hunde gab²⁾, und wie sie bei seinen Nachfolgern im ganzen und grossen ebenso wiederkehrt. Zuerst liegt der Hund am Boden und kommen Krümmung der Wirbelsäule gegen die Exstirpationsseite hin, tonische Streckung des Vorderbeines derselben Seite und klonische Bewegungen der übrigen drei Gliedmassen, Spiraldrehung des Halses und des Kopfes nach der unverletzten Seite hin, leichter Nystagmus, Strabismus, Rollen des Körpers in der Richtung von der unverletzten nach der operierten Seite zur Beobachtung. Diese „dynamischen“³⁾ Erscheinungen halten nur wenige (im Mittel 8—10) Tage an, während welcher die tonischen Spasmen schwächer werden und (zuerst das Rollen, zuletzt der Pleurotonus) verschwinden, indem sie den Charakter klonischer und oszillatorischer Bewegungen annehmen. In dem Masse, in dem dies geschieht, werden die Versuche des Hundes, sich aufrecht zu halten und zu gehen, nach und nach von Erfolg begleitet. Ueber 4 Wochen kann es sich hinziehen, ehe der Hund dazu fähig ist; jedoch ist er schon während dieser Zeit, wenn es ihm gelingt, die Flanke der Exstirpationsseite gegen eine Mauer zu stützen, imstande, sich aufrecht zu halten und auch regelmässige Schritte zu vollführen. Zunächst, wenn die dynamischen Erscheinungen eben erst verschwunden sind, ist der Hund in den Muskeln der Gliedmassen der Exstirpations-

1) S. oben 305 ff.

2) Cerv. 167—9, 186—8, 191—5; Klh. 282—4, 290—2, 295—8.

3) Vgl. oben 304.

seite, besonders der Hinterextremität, so schwach, dass er beim ersten Anblick mit einem von Hemiplegie betroffenen verwechselt werden könnte. Er kann nur auf dem Hinterbacken der Exstirpationsseite kriechen und fällt, wenn er sich erhebt, nach der Exstirpationsseite infolge des Einknickens der Glieder dieser Seite. Aber in der Folge wird das Fallen immer seltener, und schliesslich vermag der Hund dasselbe vollständig zu vermeiden mittels des Kompensationsmechanismus, dass er die Vorderextremität der Exstirpationsseite übermässig abduziert und durch Krümmung der Wirbelsäule nach der Exstirpationsseite die Stütze der beiden Hinterextremitäten nach dieser Seite verschiebt, so dass die Hauptachse des Körpers schräg zur Gangrichtung steht. Neben der Schwäche zeigt der Hund die Schlaffheit der Extremitäten der Exstirpationsseite, das übermässige Heben und Aufstampfen dieser Extremitäten, ferner das Zittern des Kopfes beim Liegen, das Schwanken des Rumpfes bei der aufrechten Stellung usw., wie wir alle die einschlägigen Abnormitäten bereits bei unserer Behandlung der Totalexstirpation auch in ihrer Erscheinungsweise nach der halbseitigen Exstirpation aufgeführt haben¹⁾.

Auf grund dieser Schilderung lassen sich sogleich wieder als Folgen des halbseitigen Kleinhirnverlustes des Hundes Zittern, Schwanken, Fallen, die mit der Zeit durch Kompensation abnehmen, und Störungen an den Extremitäten erkennen und ebenso wieder die besonderen oder besonders grossen Abnormitäten in der ersten Zeit nach der Operation dem Hinzutritt der Folgen des operativen Angriffs zuschreiben. Zugleich springt an den Extremitäten und auch sonst im Verhalten des Hundes eine Einseitigkeit der Folgen in die Augen gegenüber der beiderseitigen Gleichheit der Folgen beim Verluste des ganzen Kleinhirns. Damit ist uns die Richtung gewiesen, die wir zu nehmen haben.

Zuvörderst konstatieren wir, dass auch die halbseitige Exstirpation nicht allgemeine Störungen der Motilität und Sensibilität nach sich zieht, sondern lediglich auf den Bereich von Wirbelsäule und Extremitäten beschränkte Störungen. Ueber den Bereich hinausgehend finden wir nur die Angabe, dass Nystagmus und Strabismus vorkommen, und damit verhält es sich hier nicht anders als nach der Totalexstirpation²⁾. Nystagmus und Strabismus treten, wie Brechbewegungen oder Atemstörungen usw., bei den Versuchen auf, die durch Nebenverletzungen misslungen sind; sonst fehlen sie. Um letzteres mit aller Sicherheit auch für den Fall der halbseitigen Exstirpation vertreten zu können, habe ich diese noch vollkommener zu gestalten mich bemüht, als ich sie oben³⁾ beschrieb, und es ist mir gelungen, die Durchschneidung des

1) S. oben 319, 327, 329—30.

2) S. oben 294, 305.

3) S. oben 295.

Wurms auch an seinem vorderen Teile in der Medianebene durchzuführen. Es bedarf dafür nur des kleinen Kunstgriffs, dass man nach der Loslösung der hinteren Wurmhälfte den vorderen Teil des Wurms mit dem flach an seine Oberfläche angelegten Messer etwas stärker nach hinten zieht und rasch das abgehobene Messer so weit nach vorn bringt, dass sein freies Ende die obere Kuppe des elastisch in die alte Lage zurückstrebenden Wurms auffängt; mit dem Schnitte, den man jetzt glatt nach unten und etwas nach hinten gegen das an die untere Fläche des Wurms angelegte Stäbchen führt, wird auch vom vordersten untersten Stücke des Wurms, das ich früher ungeteilt zurückliess, die eine Hälfte abgetragen. Auch bei den so vervollkommenen Versuchen blieben Nystagmus und Strabismus aus.

Die Störungen an den Extremitäten, deren Schloffheit und Schwäche usw., sind uns dann nicht nur in Uebereinstimmung mit Hrn. Lucianis Angabe als einseitige, und zwar der verlorenen Kleinhirnhälfte gleichseitige Störungen schon bekannt, sondern wir sind auch bereits genauer mit ihrer Art und ihrem Wesen vertraut, da wir sie in unsere Untersuchung der Motilitäts- und Sensibilitätsstörungen von Wirbelsäule und Extremitäten bei der Totalexstirpation mit einbezogen haben¹⁾. Als erwünschte Ergänzung dieser Untersuchung finden wir aber ferner noch entsprechende einseitige Störungen an der Wirbelsäule, die nur nicht der verlorenen, sondern der erhaltenen Kleinhirnhälfte gleichseitig sind.

Am emporgehaltenen Hunde, wenn er nach den anfänglichen Strampelbewegungen andauernd ganz schlaff herabhängt, zeigt die Wirbelsäule eine nach der Exstirpationsseite konkave Krümmung, die zunächst nach der Operation am auffälligsten ist und in den ersten Wochen bis zu einer geringeren Grösse abnimmt, auf der sie sich erhält. Auch ist dieselbe Konkavität an dem ruhig in der Seitenlage verharrenden Hunde, besonders in der ersten Zeit, deutlich zu sehen, wenn er, mit dem Kopfe an oder nahe dem Boden, auf der unverletzten Seite liegt, und zum mindesten daran zu erkennen, dass die Hinterbeine dann ganz in der Luft sind, während sie, wenn der Hund auf der Exstirpationsseite liegt, mit den Füssen dem Boden aufruhet. Schiebt man nach Ablauf der ersten Tage den auf dem Tische in der Seitenlage gehaltenen Hund mit dem Hinterkörper über den Tischrand hinaus, so lässt der Hund, wenn er auf der Exstirpationsseite liegt, den Hinterkörper herunterhängen und bewegt höchstens die Hinterbeine, um auf den Tisch zu kommen, auch wenn man ihn noch besonders, z. B. durch Kneipen des Schwanzes zu Bewegungen anregt; dagegen er den Hinterkörper mit Streckung und Drehung der Wirbelsäule hebt, wenn er auf der unverletzten Seite liegt.

1) S. oben 329 ff.

Wird der Hund, wenn er wieder, ohne zu fallen, geht, durch Zuruf zu rascher Umkehr auf seinem Wege veranlasst, so wendet er regelmässig nach der Exstirpationsseite hin in kleinem Bogen um. Und ohne Zögern dreht sich der Hund unter noch stärkerer Konkavkrümmung der Wirbelsäule nach der Exstirpationsseite in kleinem Kreise, wenn man auf dieser Seite ein Fleischstück in der Richtung vom Kopfe nach dem Schwanze führt; während es, wenn man das Fleischstück ebenso auf der anderen Seite des Hundes bewegt, äusserst selten und erst nach vielen vergeblichen Versuchen einmal gelingt, den Hund zu einer Drehung unter schwacher Konkavkrümmung seiner Wirbelsäule nach der unverletzten Seite zu veranlassen. Mit Vertauschung der Seiten zeigt sich demnach an der Wirbelsäule ein analoges Verhalten wie an den Extremitäten: die Wirbelsäule-Muskeln sind schlaffer und kommen schwerer und weniger in Bewegung auf der unverletzten Seite, als auf der Exstirpationsseite.

Die althergebrachte Vorstellung von den Zwangsbewegungen als Reizerscheinungen hat es verschuldet, dass dies nicht schon Hr. Luciani erkannte, da er die Konkavität der Wirbelsäule nach der Exstirpationsseite hin sah, sondern eine Kontraktion der Rumpfmuskeln dieser Seite die Krümmung verursachen liess¹⁾. Man ist jedoch auch später nicht ins Klare gekommen, als man die Zwangsbewegungen für Ausfallserscheinungen erklärt hatte. Hr. Lewandowsky, der ferner noch die Bevorzugung der Kreisbewegung nach der Exstirpationsseite bemerkte²⁾, hat doch diese Kreisbewegung und jene „Zwangshaltung“ mit dem Rollen des Hundes zum besonderen Symptomenkomplex der Zwangsbewegungen vereinigt, den er von den übrigen Erscheinungen nach Kleinhirnverletzungen abtrennte³⁾ und für seine Theorie des Kleinhirns nicht weiter in Betracht zog: und dabei sagt er selber, dass es hinter den Tatsachen zurückbleibt, wenn man die Dauer der Zwangsbewegung und der Zwangshaltung selbst nur zu vier Wochen nach der Operation annehmen wolle²⁾. Abgesehen von den Zwangsbewegungen, haben Hr. Luciani, Hr. Thomas und Hr. Lewandowsky, verführt offenbar durch das in die Augen fallende Verhalten der Extremitäten, alle Muskeln der Exstirpationsseite und Hr. Thomas⁴⁾ sogar ausdrücklich die Rumpfmuskeln dieser Seite abnorm schlaff, ihren Tonus vermindert sein lassen und demgemäss den Einfluss der Kleinhirnverletzung als einen gleichseitigen oder — auf

1) Cerv. 168. — Später hat noch Russell (a. a. O. 860) einen Spasmus der paretischen Rumpfmuskeln der Exstirpationsseite angenommen, in Uebereinstimmung damit, dass auch die paretischen Extremitäten dieser Seite im Spasmus wären.

2) A. a. O. 147.

3) Ebenda 151.

4) A. a. O. 327.

grund ihrer Deutung der Restitution und der Folgen des Medianschnittes durch das Kleinhirn — als vorwiegend oder wesentlich gleichseitigen hingestellt¹⁾. Selbst die experimentellen Reizungserfolge am Kleinhirn, die wiederholt dabei zur Sprache kamen, haben nicht zur richtigen Erkenntnis hingeleitet, obwohl es nahelag, dass, wenn die einseitige Reizung am Kleinhirn Bewegungen an den Extremitäten auf der gleichen und an der Wirbelsäule auf der entgegengesetzten Seite veranlasste²⁾, die einseitige Exstirpation am Kleinhirn auch die Beweglichkeit der Extremitäten auf der gleichen Seite und der Wirbelsäule auf der entgegengesetzten Seite schädigte.

Schliessen wir vorerst die Erscheinungen der ersten zwei Wochen nach der halbseitigen Kleinhirnexstirpation von unserer Betrachtung aus, so ist es also schon durch unsere früher durchgeführte Untersuchung³⁾ ausgemacht, dass durch den halbseitigen Kleinhirnverlust, infolge des Fortfalls der beständig schwach erregten motorischen zentralen Elemente der Kleinhirnhälfte, die Erregbarkeit von Mark- und Muskelzentren für den Bereich der Wirbelsäule auf der entgegengesetzten Seite und für den Bereich der Extremitäten auf der gleichen Seite unter die Norm herabgesetzt ist. Infolgedessen kann es natürlich zu Gleichgewichtsstörungen des Hundes kommen, zu Schwanken und Fallen, wie wir es in den ähnlichen Fällen sehen, in denen die hinteren Wurzeln der Rückenmarksnerven für die beiden Extremitäten derselben Seite durchschnitten sind oder die Extremitätenregionen einer Grosshirnhemisphäre exstirpiert sind. Aber im Zittern, Schwanken, Taumeln, Fallen nach der halbseitigen Kleinhirnexstirpation bieten sich noch Störungen dar, die in diesen Fällen nicht vorkommen und durch jene Herabsetzung der Erregbarkeit nicht erklärlich sind. Diese besonderen Störungen hat Hr. Luciani, wie uns durch die zusammenfassende Darlegung⁴⁾ seiner Ausführungen schon bekannt ist, auf die mangelnde Kontinuität der Muskelkontraktionen infolge unvollständiger Verschmelzung der Elementarimpulse oder unvollkommener Summation der Einzelimpulse zurückgeführt, und darum hat er seinen verstärkenden Einfluss des Kleinhirns ausser in der tonischen und der sthenischen noch in der statischen Wirkung sich äussern lassen.⁵⁾ Dem

1) Luciani, Klh. 282, 335. — Lewandowsky, a. a. O. 157, 177.

2) Nothnagel, Virchows Archiv 68. 1876. 36 ff. — Lewandowsky, a. a. O. 149—50. — Lourié, Neurolog. Zentralbl. 1907. 653 ff.

3) S. oben 329 ff.

4) S. oben 318—9.

5) Lewandowsky hat das, was gerade so charakteristisch für das Kleinhirn in bezug auf Funktion und Funktionsausfall ist, derart verkannt, dass seine hierhergehörigen Bemerkungen nicht darüber hinausgehen, dass Lucianis Wort „statische Funktion“ „doch mehr eine Umschreibung als eine Erklärung bedeutet“, und dass „das Schwanken als solches jedenfalls ein Symptom ist, das durchaus nicht aus dem

entgegen erkennen wir in den Störungen nur eine Schädigung wieder der feineren Gleichgewichtserhaltung beim Liegen, Sitzen, Gehen usw., die durch die Totalexstirpation als Funktion des Kleinhirns sich ergab.

Nach unseren früheren ausgedehnten Erörterungen¹⁾ darf ich mich kurz fassen. Man kann, wenn man zuerst nach der halbseitigen Exstirpation am liegenden Hunde das Zittern und Schwanken von Kopf und Rumpf sieht, an zitterige Kontraktionen denken, aber man muss den Gedanken bald fallen lassen. Bei allen Bewegungen aller Körperteile des Hundes verlaufen alle Muskelverkürzungen, sie seien klein oder gross, kurz oder lang, der unverletzten oder der verletzten Seite zugehörig, durchaus normal, ohne dass etwas Zitteriges an ihnen zu sehen oder zu fühlen oder aus irgendeiner Besonderheit zu erschliessen wäre. Ein Uebergang anfänglicher tonischer Spasmen in klonische und oszillatorische Bewegungen kommt gar nicht vor. Der Hund kann von vorneherein den Kopf frei hochhalten, dann den Vorderrumpf auf den vorgestreckten Vorderbeinen und schliesslich auch den Hinterrumpf auf den gebeugten und unter den Bauch gezogenen Hinterbeinen erhoben halten ohne jedes Zittern und Schwanken. Diese stellen sich lediglich unter Umständen als Begleit- oder Abschlussscheinungen von Bewegungen, die der Hund macht, ein: als Begleiterscheinungen, wie ich es beim Fressen genauer beschrieb²⁾, wenn Kopf und Rumpf erheblich aus dem Gleichgewicht gebracht und so lange sie nicht wieder genügend unterstützt sind; als Abschlussscheinungen, wenn Kopf und Rumpf nach Ablauf der Bewegung wieder ins Gleichgewicht kommen. Im ersteren Falle treten gröbere und mit der Art der Bewegung wechselnde rhythmische Schwankungen auf, im letzteren Falle regelmässige hin- und hergehende Oszillationen, Schwingungen mit abnehmender Amplitude um die Gleichgewichtslage, — nach der halbseitigen Exstirpation in ganz derselben Weise wie nach der Totalexstirpation. Daher ist die Ursache des Zitterns und Schwankens nicht eine Abnormität der Art der Muskelverkürzung, noch eine Abnormität der Spannung der Muskeln in der Ruhe, sondern eine Abnormität in der feineren Gleichgewichtserhaltung des Hundes.

Auch beim Taumeln und Fallen des Hundes ist diese Abnormität zu erkennen. Die Lucianische Angabe, dass der Hund, wenn er sich erhebt und im Gehen übt, nach der Exstirpationsseite infolge des Ein-

Rahmen einer sensorischen Ataxie herausfällt und sehr wohl auf Störungen des Muskelsinnes von Rumpf und Extremitäten bezogen werden kann“ (a. a. O. 156, 171). Wie dabei noch Lewandowsky unter „Muskelsinn“ die ganze Sensibilität der Haut, der Muskeln und der Gelenke verstand, haben wir schon oben S. 329 gesehen.

1) S. oben 311—22.

2) S. oben 321.

knickens der Glieder dieser Seite fällt, ist nicht ganz zutreffend. Richtig ist, dass beim ersten Aufstehen und Gehen des Hundes das Fallen regelmässig nach der Exstirpationsseite hin erfolgt; und das kann auch nicht anders sein, da der Hund aus dem Liegen sich zuerst auf die Vorderbeine stellt und zuletzt mit dem in der Motilität geschädigten Hinterbeine den Rumpf hebt, dabei nur soweit, dass dieses Hinterbein mehr oder weniger schief nach unten innen bleibt. Aber nachdem wird das geschädigte Hinterbein senkrecht oder schief nach unten aussen gestellt, und dann fällt der Hund bei seinen Gehübungen sowohl auf die Exstirpationsseite wie auf die andere Seite, höchstens öfter auf die Exstirpationsseite um. Der Hund trägt beim Gehen den Rumpf etwas nach der unverletzten Seite überhängend und fällt nach dieser Seite, wenn während des Gehens das Ueberhängen sich verstärkt, nach der Exstirpationsseite, wenn es sich verliert, — wie sich oft konstatieren lässt, wenn dort die Beine der verletzten Seite, hier die der unverletzten Seite gerade beide zugleich schwebend in der Luft sind. Später kommt es nicht mehr zu einem wirklichen Umfallen des Hundes, sondern bloss zu einem Taumeln oder Schwanken nach der Seite, indem der Hund, sobald das Fallen beginnt, ihm damit begegnet, dass er den Rumpf nach der entgegengesetzten Seite wirft; wobei es allerdings zuweilen geschieht, dass der Hund durch einen zu kräftigen Wurf nunmehr nach der letzteren Seite umfällt. Manchmal hilft sich auch der Hund damit, dass er in rascherem Weitergehen die Beine der Seite, nach der hin er schwankt, stark abduziert, die Beine der anderen Seite adduziert aufsetzt, wodurch das sogenannte Drängen des Hundes nach der Seite zustandekommt. Mithin kann man es zugeben, ohne sich erst weiter auf tiefer eindringende Fragen einzulassen, dass zu einem Teile, besonders in der ersten Zeit, durch das Einknicken oder die Schwäche der Extremitäten das Fallen des Hundes herbeigeführt wird: immer muss doch zum anderen Teile eine Schädigung der feineren Gleichgewichtserhaltung die Ursache von Fallen und Taumeln sein.

Wie gross die Schädigung ist, darüber erhält man durch die Gleichgewichtsstörungen nach der halbseitigen Exstirpation für sich allein nicht genügend Auskunft. Man muss dafür diese Störungen und die nach der totalen Exstirpation vergleichend betrachten. Dann stellen sich die letzteren in den ersteren abgeschwächt dar. Zittern, Schwanken, Taumeln, Fallen treten nach der halbseitigen Exstirpation von vorneherein seltener und weniger heftig auf, und manches, wie das Umschlagen nach der freien Seite, wenn der Hund mit der anderen Seite an die Wand angelehnt steht, und das Vorn- oder Hintenüberstürzen, wenn der Hund geht, kommt überhaupt nicht vor. Die Störungen nehmen ferner viel rascher mit der Zeit ab und können oft schon im zweiten Monate nach

der Operation ganz verschwunden scheinen, indem sie weiter nur noch ausnahmsweise und unter besonderen Umständen, z. B. wenn der Hund übermüdet ist, zu beobachten sind. Lediglich eine ansehnliche Beeinträchtigung oder ein partieller Verlust der feineren Gleichgewichtserhaltung ist es darnach, was die halbseitige Exstirpation mit sich bringt, gegenüber dem völligen Verluste, der durch die Totalexstirpation herbeigeführt wird. Wie denn auch der Hund nach der halbseitigen Exstirpation nichts von dem eigenartigen, sprungartigen Gehen des kleinhirnlosen Hundes zeigt, aus dem das Fehlen der feineren Gleichgewichtserhaltung sich entnehmen liess¹⁾, vielmehr das Gehen mit den normalen Gehbewegungen der Extremitäten beibehält. Um das Fallen zu vermeiden, hebt er nur zu Anfang meist das Hinterbein nicht ab, ehe das gegenseitige Vorderbein auf dem Boden steht, und das Vorderbein nicht ab, bevor er das gleichseitige Hinterbein aufgesetzt hat, aber später bewegt er die Beine gewöhnlich ebenso nach einander wie in der Norm.

Nehmen wir hinzu, was vorher über die Motilitäts- und Sensibilitätsstörungen an Wirbelsäule und Extremitäten sich ergab, so lässt sich sagen, dass die feinere Gleichgewichtserhaltung, wie nach der Totalexstirpation gänzlich, so nach der halbseitigen Exstirpation zu einer Hälfte verloren ist. Wenn dies in den Beobachtungen nicht zu strengem Ausdruck kommt und eine wesentlich kleinere Schätzung des Verlustes nach der halbseitigen Exstirpation besonders dadurch nahegelegt ist, dass der Hund nach einigen Wochen wieder gut geht und steht, während nach der Totalexstirpation der Hund zeitlebens ein schwerer Krüppel für Gehen und Stehen bleibt, so liefert die Erklärung die funktionelle Kompensation. Sie greift rascher und tiefer ein nach der halbseitigen Exstirpation als nach der totalen, indem nicht bloss das Hirn ohne Kleinhirn dem kleineren Schaden leichter und besser mit kompensierenden Bewegungen abhelfen kann, sondern auch noch die stehengebliebene Hälfte des Kleinhirns an der Abhülfe sich beteiligt. Sehr wohl können dieser Kleinhirnhälfte die Verschiebung des Beckens nach der Exstirpationsseite und das Ueberhängen des Rumpfes nach der unverletzten Seite in Rechnung zu setzen sein. Jedenfalls aber wirkt auch die Kleinhirnhälfte, wie das übrige Hirn, funktionell kompensierend und liegt hier kein Anlass vor, ihr noch ein anderes, „organisches“²⁾ Kompensieren zuzuschreiben, bestehend in einer Abschwächung der Ausfallserscheinungen, dadurch dass die zurückgebliebene Kleinhirnhälfte durch verstärktes Funktionieren allmählich die Funktionen der verlorenen Kleinhirnhälfte

1) S. oben 323—6.

2) S. oben 304.

übernimmt. Denn die Folgen des operativen Angriffs ausgenommen, die ihrer Natur gemäss eine wirkliche Grössenabnahme mit der Zeit nach der halbseitigen Exstirpation erfahren, sehen wir alle Störungen lediglich durch neu auftretende Haltungen und Bewegungen des Hundes mehr und mehr unterdrückt und soweit unschädlich gemacht werden, dass der Hund im groben die frühere Leistungsfähigkeit wiedererlangt. Und nachdem dies eingetreten ist, sehen wir, jedesmal dass die neuen Haltungen und Bewegungen infolge von Ermüdung oder schlechter Ernährung oder Erkrankung des Hundes nicht gut zustandekommen, wenn selbst schon Jahr und Tag seit der Operation vergangen sind, Zittern und Schwanken, Taumeln und Fallen wieder in der Weise sich einstellen, wie sie früher sich gezeigt hatten.

Der vorgewonnenen Einsicht in die Folgen des halbseitigen Kleinhirnverlustes entsprechen auch die Erscheinungen, die wir noch zu betrachten haben, die Erscheinungen in den ersten Wochen nach der halbseitigen Exstirpation, in denen jenen Folgen die Folgen des operativen Angriffs beigesellt sind. Heften wir uns, um die Darlegung zu vereinfachen, an die linksseitige Exstirpation, so ist eine Beeinträchtigung des Funktionierens der rechten Kleinhirnhälfte, an die man wegen der Messerführung durch die ganze Länge und Dicke des Wurms zu denken hat, nicht zu konstatieren; sie kann in meinen Versuchen nur unbedeutend und von sehr kurzer Dauer gewesen sein, da, wo sie zum mindesten sich zu erkennen geben musste, an den rechten Extremitäten schon am Tage nach der Operation keinerlei Abnormität zu bemerken war. Dagegen stellen die anfängliche Konkavität der Wirbelsäule nach links¹⁾ und die anfängliche Schlaffheit des linken Hinterbeines²⁾ und beschränkte Beweglichkeit der linken Extremitäten³⁾ ausser Zweifel, was die Durchtrennung des Hemisphärenstieles erwarten lässt, dass Mark- und Muskelzentren für den Bereich der linken Extremitäten und der rechten Wirbelsäulenseite beträchtlich in ihrer Erregbarkeit herabgesetzt sind, am meisten zunächst nach der Operation und mit der Zeit abnehmend. Und durch diese Herabsetzung in Verbindung damit, dass die feinere Gleichgewichtserhaltung, soweit sie der eben genannten Zentren bedarf, für immer aufgehoben, die funktionelle Kompensation seitens des Hirns ohne Kleinhirn aber bis dahin, dass die Herabsetzung eine Zeitlang abgenommen hat, ausgeschlossen ist, erweist sich alles Abnorme herbeigeführt, das sonst noch derzeit der Hund darbietet. Er macht, am Boden liegend, verschiedenartige vergebliche Aufstehversuche, wie der kleinhirnlose Hund⁴⁾,

1) S. oben 343.

2) S. oben 327.

3) S. oben 332—3.

4) S. oben 300.

doch darin von ihm abweichend, dass er einmal schon 2—3 Tage nach der Operation in der Brustbeckenlage, einige Tage später auch in der Brustbauchlage sich zu behaupten vermag und um den 10. Tag sich aufzustellen und zu gehen versuchen kann, und dass er zweitens in den ersten Tagen die linke Seitenlage bevorzugt und öfters, wenn er sich bewegt, einmal oder mehrmals nacheinander im Kreise links herum um seine Längsachse sich dreht. Dieses Verhalten findet jetzt in allen Stücken seine Erklärung.

Die lange andauernde Unfähigkeit des Hundes, sich aufzustellen, hat Hr. Luciani auf die Schwäche der linksseitigen Extremitäten zurückgeführt; aber diese Schwäche kann nicht den ausschliesslichen und nicht einmal den hauptsächlichen Grund abgeben, da ein Hund, dem die Extremitätenregionen der rechten Grosshirnhemisphäre exstirpiert wurden, kaum dass die Narkose sich verloren hat, obwohl es mit seinen linken Extremitäten als Stützen nicht besser bestellt ist, doch sich aufstellen kann. Von grösster Bedeutung ist die Störung der feineren Gleichgewichtserhaltung, die ja rein für sich allein darin zum Ausdruck kommt, dass unser Hund durch eine Reihe von Tagen selbst nicht die normale Ruhelage am Boden einzuhalten vermag. Das tritt auch weiter darin klar hervor, dass unserem Hunde, dem mit der einen Kleinhirnhälfte ein Teil der feineren Gleichgewichtserhaltung verblieben ist, früher aus der Seitenlage herauszukommen und die Brustbecken- und Brustbauchlage zu behaupten gelingt, als dem Hunde, der das ganze Kleinhirn eingebüsst hat.

Naturgemäss verfolgt, wie der Hund ohne Kleinhirn, so auch unser Hund von der Zeit an, da er nach der Operation aus der Narkose erwacht, sein Ziel, aus der Seitenlage zu kommen und sich zu erheben, nicht nur den inneren und äusseren Anregungen gemäss mit bald mehr, bald weniger andauernden und nach längeren oder kürzeren Pausen wiederholten Bewegungen, sondern auch mit verschiedenen Bewegungsarten, indem er, was ihm auf die eine Weise misslang, unter Ausnutzung aller seiner Mittel auf andere Weisen zu erreichen sucht. So versteht sich, dass auch hier während der ersten Tage in buntem Wechsel die mannigfachen Aufstehversuche zur Beobachtung kommen, wie ich sie für den Fall der Totalexstirpation beschrieb¹⁾, mit Zurückfallen in die alte Seitenlage, Rollen um 180° in die andere Seitenlage, Hintenüberschlagen in die Seitenlage, Rückwärtsverschieben am Boden im Kreise; stehen ja unserem Hunde alle die Mittel zu Gebote, die der kleinhirnlose Hund besitzt. Doch über noch mehr Mittel verfügt unser Hund mit der ungeschädigten Beweglichkeit seiner rechten Extremitäten und

1) S. oben 300.

seiner linken Wirbelsäulenseite; und gerade wie deshalb zu erwarten ist, dass er noch Aufstehversuche anderer Art zustandebringt, kommt bei ihm das auffällige Rollen im Kreise hinzu. Während beim kleinhirnlosen Hunde erst durch starke Reizung hin und wieder Rollen im Kreise herbeigeführt wird, und zwar Rollen rechtsherum oder linksherum im Kreise mehrmals nach einander¹⁾, schiebt sich bei unserem Hunde öfters in die Reihe der spontanen Aufstehversuche ein- oder mehrmaliges Rollen im Kreise ein, tritt schon infolge leichter Aufregung des Hundes fast regelmässig ebensolches mehrmaliges Rollen auf und erfolgt all das Rollen ausschliesslich linksherum. Für die volle Aufklärung dieses Rollens bedarf es nur des näheren Zusehens. Schon im Rollen um 180° zeigt sich dann Absonderliches. Solches Rollen kommt beim kleinhirnlosen Hunde rechtsherum wie linksherum sehr häufig in der Art vor, dass Brust und Bauch dem Boden zugewandt bleiben, und nur vereinzelt in der anderen Art, dass Brust und Bauch nach oben kommen. Dagegen rollt unser Hund, wenn er sich, wie es zumeist der Fall ist, in der linken Seitenlage befindet, ebensowohl linksherum mit dem Bauche nach oben wie rechtsherum mit dem Bauche nach unten in die rechte Seitenlage, und wenn er auf der rechten Seite liegt, fast jedesmal linksherum mit dem Bauche nach unten, nur ausnahmsweise rechtsherum mit dem Bauche nach oben in die linke Seitenlage. Was er hiernach in der linken Seitenlage voraushat, das Rollen mit dem Bauche nach oben, und was er in der rechten Seitenlage so sehr bevorzugt, das Rollen mit dem Bauche nach unten, wird aber von seinen ungeschädigten Körperteilen, den rechten Extremitäten und der linken Wirbelsäulenseite, geleistet und mit Leichtigkeit vollführt, während sonst alles Rollen um 180° bei unserem und dem kleinhirnlosen Hunde nur mühsam zustandekommt. Die Akte für das Rollen mit dem Bauche nach oben, das Zurücknehmen und Seitwärtswenden des Kopfes, das Drehen des Beckens und das Strampeln der oben liegenden Beine, diese Akte, die sonst immer langsam, oft mit ansehnlichen Pausen nach einander erfolgen, vollziehen sich rasch, wenn unser Hund aus der linken Seitenlage linksherum rollt; und noch rascher bringt unser Hund in der rechten Seitenlage mit den rechten Extremitäten den Rumpf in die Höhe, mehr oder weniger hoch nach oben links, bis er auf die andere Seite hinüberfällt, ja wirft er ihn meist blitzschnell aus der rechten in die linke Seitenlage um. Unseren Hund befähigen also seine unversehrten Körperteile zu nicht nur neuen, sondern besonders auch leichteren Aufstehversuchen, und deshalb werden diese vorzugsweise ausgeführt, insbesondere häufig und bald das Emporheben

1) S. oben 308.

des Rumpfes mit den rechten Beinen, so dass der Hund nur selten auf der rechten Seite ruhend zu sehen ist¹⁾. Demgemäss rollt auch oft unser Hund, nachdem er linksherum aus der linken in die rechte Seitenlage gerollt ist, sogleich weiter in die linke Seitenlage: es entsteht so das einmalige Rollen linksherum im Kreise, das immer nur in dieser Weise, nicht aus der rechten in die rechte Seitenlage erfolgt. Und mehrmals nach einander wiederholt sich dasselbe Rollen im Kreise, wenn der Hund aus inneren Gründen oder durch äussere Reizungen zu länger andauernden Bestrebungen, sich aus seiner Lage zu befreien, oder zu Fluchtversuchen veranlasst ist. Selbst noch wenn er in grosser Aufregung sehr rasch so rollt, lässt die Ungleichheit des Rollens von der rechten in die linke und von der linken in die rechte Seitenlage, das Hochheben des Rumpfes dort und das Verbleiben des Rumpfes am Boden hier, deutlich erkennen, wie der Hund seine ungeschädigten Körperteile für die Bewegung ausnutzt. Zuweilen geschieht es inmitten dieses Rollens, dass der Hund einmal beim Heben des Rumpfes in der Streckung der rechten Beine mit dem Hinterbeine gegen das Vorderbein zu weit zurückbleibt; dann schlägt er von der rechten Seitenlage rücklings hintenüber in die linke Seitenlage und rollt ohne Unterbrechung linksherum weiter.

Mit der Erschwerung, welche für die Bewegungen der linken Extremitäten unseres Hundes die Schädigung von deren Mark- und Muskelzentren mit sich bringt, findet es seine einfache Erklärung, dass an den Aufstehversuchen unseres Hundes und seinem Strampeln, z. B. wenn man ihn vom Lager aufnimmt, schon früh die linken Extremitäten sich beteiligen und bloss im Ausmass der Beugungen und Streckungen hinter den rechten Extremitäten zurückbleiben, isolierte willkürliche Bewegungen aber, wie sie öfters an den rechten Extremitäten als Beugung, Streckung, Abduktion, Adduktion zur Beobachtung kommen, in den ersten Wochen selten an den linken Extremitäten auftreten. Daraus ist dann weiter verständlich, dass in den ersten Tagen an unserem auf der Seite liegenden Hunde das linke Vorderbein gewöhnlich gerade ausgestreckt sich zeigt, während das rechte Vorderbein nur zu Zeiten so gestreckt, zu anderen Zeiten in allen Gelenken gebeugt ist. Eine tonische Streckung oder eine teta-

1) Legt man unseren Hund, nachdem man ihn eine Zeitlang vertikal in der Luft gehalten hat, mit seiner linken Seite auf den Boden, so bleibt er ruhig liegen, und sein nächster Aufstehversuch, oft nach langer Zeit, ist in der Regel eine Rollbewegung linksherum. Dagegen wirft er sich, wenn man ihn auf die rechte Seite legt, sofort mit den rechten Beinen auf die linke Seite um. Man kann dies verhindern, indem man unmittelbar nach dem Hinlegen, während er den Rumpf emporzuheben beginnt, die Hände lose auf seiner linken Seite hält: dann liegt er eine Weile — nach meinen Erfahrungen längstens etwa eine Viertelstunde — in voller Ruhe, und die erste Bewegung, die er macht, ist, dass er sich mit den rechten Beinen umwirft.

nische Kontraktion der Beinmuskulatur besteht hier am linken Vorderbeine gerade so wenig, wie nach der Totalexstirpation an beiden Vorderbeinen, wie sich auf die früher angegebenen Weisen¹⁾ konstatieren lässt, und wie hier überdies noch die Beobachtung dartut, dass das ungeschädigte rechte Vorderbein manchmal durch Stunden unbewegt in derselben Stellung verharret wie das geschädigte linke Vorderbein. Vielmehr verbleibt nur das linke Vorderbein in den Pausen zwischen den Aufstehversuchen in der Streckstellung als Ruhestellung, weil es nicht, wie das rechte Vorderbein, durch isolierte Beugebewegungen zu anderen Ruhelagen gelangt. Ähnliches, den Umständen gemäss modifiziert, bietet sich dar, wenn man unseren Hund emporhebt und mit den Armen fest an der Brust umfasst senkrecht in der Luft hält. Die Folgen des Verfahrens sind an einem unversehrten Hunde, dass die Vorderbeine gestreckt nach vorn gehen und in der steifen Streckung eine Zeitlang verbleiben, bis Beugung eintritt, die Dauer der Streckung aber am grössten die ersten Male ist, wo sie einige Minuten betragen kann, und unter der Wiederholung des Verfahrens kleiner wird, bis das Beugen alsbald dem Strecken nachfolgt. Offenbar hebt der Hund die reflektorische tonische Streckung, die ein natürliches Schutzmittel für den Fall des Sturzes abgibt, willkürlich auf, wenn er sich sicher fühlt; man braucht nur im Festhalten des Hundes nachzulassen, um sogleich wieder die gebeugten Extremitäten in Streckung übergehen zu sehen. An unserem Hunde geraten auch beide Vorderbeine in steife Streckung, aber nur am rechten Vorderbeine folgt die Beugung wie am unversehrten Tiere; am linken Vorderbeine bleibt in der ersten Woche die Beugung aus, selbst wenn man die Beobachtung auf 10 bis 15 Minuten ausdehnt, und tritt sie in den nächsten Wochen wesentlich oder zum mindesten deutlich später als am rechten Vorderbeine ein.

Als letzter Abnormität ist der Lucianischen Spiraldrehung von Hals und Kopf²⁾ zu gedenken, der Drehung, die in den ersten Tagen — neben der Konkavität der Wirbelsäule nach der Exstirpationsseite — an der Halswirbelsäule des in Ruhe befindlichen Hundes besteht. Wenn unser Hund senkrecht emporgehalten sich nicht bewegt, hält er in den ersten Tagen den Kopf regelmässig mit der Schnauze nach links gerichtet. Ebenso gedreht zeigt sich der Kopf an dem auf dem Boden liegenden Hunde, so lange dieser nach der Operation unter der ablaufenden Narkose noch nicht viel sich bewegt: in der rechten Seitenlage des Hundes berühren rechte Halsseite und Hinterkopf den Boden und geht die Schnauze schief nach links oben in die Luft; in der

1) S. oben 309.

2) S. oben 341.

linken Seitenlage liegt der Hals hohl und berührt der linke Vorderkopf, manchmal die Schnauzenspitze den Boden. Haben die kräftigen Aufstehversuche begonnen, so können infolge dieser Versuche und der sonstigen freiwilligen Kopfbewegungen allerlei Hals- und Kopfstellungen zur Beobachtung kommen, und man darf sich dadurch hinsichtlich unserer Spiraldrehung nicht täuschen lassen, wie es Hrn. Luciani ergangen ist, der diese Drehung (oder die Schnauze des Hundes) nach der unverletzten Seite gerichtet sein liess¹⁾, während sie die Richtung nach der Exstirpationsseite hat, wie Hr. Russell²⁾, Hr. Thomas³⁾ und Hr. Lewandowsky⁴⁾ zutreffend angegeben haben. Erst recht ist natürlich nichts für die Spiraldrehung aus den oft ganz verkehrten Hals- und Kopfstellungen zu entnehmen, die durch die Aufstehbewegungen zustandekommen, wenn das Rollen im Kreise irgendwie, z. B. durch die Wandungen des Käfigs behindert ist; so war bei dem von Hrn. Lewandowsky⁴⁾ geschilderten links operierten Hunde, der in einer Ecke des Käfigs auf der linken Seite lag, die Halswirbelsäule spiralg nach links und hinten gekrümmt, so dass die rechte Halsseite den Boden des Käfigs berührte, und lag die Schnauze auf dem Rücken, so dass der Hund über sich selbst hinweg sah. Es lohnt im übrigen schwerlich, die Spiraldrehung weiter zu verfolgen; denn es ist nicht zu vergessen, dass an dem Hunde die Nackenmuskeln bei der Operation grob abgetrennt und grob mit ein paar Nähten wieder angelagert sind, so dass sie auch durch die Vernarbung sich unregelmässig wieder befestigen. Von Wert ist nur noch die Feststellung, dass, wenn nicht gerade zur Zeit unser Hund einen Aufstehversuch macht, sein Kopf in jeder Richtung ohne Widerstand passiv beweglich ist. Der Spiraldrehung liegt darnach zugrunde, dass die Halswirbelsäule-Muskeln auf der unverletzten Seite schlaffer sind, als auf der Exstirpationsseite, wie es sich schon oben für die Wirbelsäule-Muskeln herausstellte: und das entspricht auch der Erfahrung, dass einseitige Reizung am Kleinhirn Drehung des Kopfes nach der entgegengesetzten Seite herbeiführt⁵⁾.

Nach alledem stehen beim Hunde die Folgen des halbseitigen Kleinhirnverlustes in vollem Einklange mit dem, was sich vorher für die Folgen des völligen Kleinhirnverlustes ergab. Und wie beim

1) Luciani hat die Spiraldrehung in der Ruhe mit der entgegengesetzt gerichteten Spiraldrehung verwechselt, die das Rollen einleitet oder, wie er selber sagt (Klh. 286), „das Zeichen einer Neigung zum Rollen darstellt“.

2) A. a. O. 836, 838.

3) A. a. O. 237, 307.

4) A. a. O. 139—40.

5) S. oben 345 Anm. 2.

Hunde, ist es auch beim Affen. Denn hier zeigen sich nach der halbseitigen, sagen wir wieder linksseitigen Exstirpation dieselben Abnormitäten, nur dass einzelne abgeschwächt erscheinen, teils bloss wegen der grösseren Beweglichkeit und Geschicktheit des Affen, teils weil die Schädigung durch den operativen Angriff kleiner ist und die funktionelle Kompensation rascher vor sich geht. An die Stelle der eingehenden Untersuchung können deshalb die folgenden Bemerkungen treten.¹⁾

Rollen im Kreise kommt nur linksherum und nur dann zur Beobachtung, wenn man unseren Affen noch am Tage der Operation durch Reizung zu energischen Fluchtversuchen veranlasst; von selber führt es der Affe nicht aus. Aus der Aethernarkose erwacht, kommt er schon in den ersten Stunden nach der Operation, nur etwas mühsamer und später als der normale Affe, zum Sitzen am Boden, ja hin und wieder bald auch auf der Querstange des Käfigs; und auf den rechten Arm gestützt oder mit der rechten Hand an einem Gitterstabe des Käfigs befestigt, kann er eine Zeitlang in der Sitzstellung verbleiben. Aber sobald er sich bewegt, schwankt er stark hin und her, zuweilen so stark, dass er mit dem Kopfe wiederholt heftig an die Wandungen des Käfigs schlägt, und fällt er nach links um oder herunter, manchmal nachdem er noch den Sturz dadurch verzögert hat, dass er sich mit den rechten Extremitäten anderweitig neu befestigte. Hat er dann eine Weile am Boden gelegen, so setzt er sich von neuem auf und fällt früher oder später ebenso wieder um. Am Tage nach der Operation ist er schon selten liegend zu sehen und sitzt er auf dem Boden oder der Stange, mit Vorliebe angelehnt und immer mit einer oder mehreren Extremitäten — mit den rechten und auch, wenschon lockerer, mit den linken — am Gitter befestigt; er schwankt noch, sobald er sich bewegt, sehr hin und her mit der Neigung, nach links zu fallen, aber er hält sich doch zumeist aufrecht, oft unter neuer Befestigung der Extremitäten, und kommt nur selten wirklich zu Falle. Am folgenden Tage sitzt er nicht nur regelmässig in derselben Weise, sondern bewegt er sich auch schon in der Sitzstellung, vereinzelt sogar höher aufgerichtet, auf dem Boden und der Stange; ohne umzufallen, und lässt er nur öfters ein rasch vorübergehendes schwaches oder etwas stärkeres Oszillieren von Rumpf

1) Die meisten Versuchsprotokolle meiner Vorgänger geben ein unzureichendes und, was insbesondere gerade bezüglich der Affen V, W und X von Luciani (Cerv. 95—103) wegen der operativen Nebenverletzungen gilt, ein unzutreffendes Bild des Verhaltens des Affen. Lediglich der Versuch 6 von Ferrier und Turner — Exstirpation einer Hemisphäre, auf den Wurm hinten übergreifend — (a. a. O. 728—30) ist ein guter, reiner Versuch gewesen, und mit seinen Ergebnissen stimmen die meiner Versuche überein.

und Kopf sehen. Und so gewinnt ferner der Affe täglich mehr an Sicherheit. Sind 8—10 Tage vergangen, so kann er frei ohne jede Hülfe der Arme wie der normale Affe, doch etwas nach rechts überhängend, am Boden sitzen und an die Wand gelehnt oder mit einem Arme auf die Stange gestützt oder am Gitter befestigt auf der Stange sitzen, dabei hier wie dort allerlei Bewegungen machen und auch in Sitzstellung Ortsveränderungen vornehmen, ohne dass mehr als ausnahmsweise einmal, wenn er weit nach der Nahrung ausgreift oder sich kratzt oder nach einer Ortsveränderung sich setzt und dergl. mehr, ein ganz kurzes schwaches Oszillieren von Rumpf und Kopf eintritt. Weiterhin ist auch ein solches Oszillieren nicht mehr zu bemerken; und nur wenn der Affe erkrankt und in der Ernährung sehr heruntergekommen ist, stellt sich in späterer Zeit Oszillieren oder stärkeres Schwanken von neuem ein. Dass unser Affe auf der Stange ganz frei wie der normale Affe sass, dahin habe ich es selbst in Monaten nicht kommen sehen. Schon 2—3 Tage nach der Operation kann unser Affe freiwillig im Zimmer gehen, allerdings zuerst schlecht, indem er den linken Arm nicht gut aufsetzt, das linke Bein fast bloss nachschleppt und häufig nach links umfällt; aber er macht so rasche Fortschritte, dass er nach 8 Tagen, ohne zu fallen oder zu taumeln, geht, nach rechts überhängend mit abduzierten linken Extremitäten, insbesondere linkem Arme, und nur wenn er in Angst schnell läuft, taumelt und auch nach links oder rechts umfällt. Noch besser klettert der Affe, von Anfang an ohne merkliches Schwanken, allerdings zuerst immer langsam; aber auch wenn er nach einigen Tagen an den Gitterstäben in Angst rasch klettert und mit einer linken Extremität einen Stab nicht gut fasst oder verfehlt, tritt Hin- und Herschwanken von Rumpf und Kopf nicht ein. Die Störungen an den Extremitäten haben wir bereits früher¹⁾ behandelt; sie sind in ihren Veränderungen mit der Zeit ebenso gut, wie für den Arm am Greifen, für das Bein am Verfehlen oder schlechten Treffen der Stange, wenn der Affe auf dieser geht, zu verfolgen. Eine Krümmung der Wirbelsäule bei voller Ruhe des Affen habe ich nicht konstatieren können. Doch ist, dass auch hier, wie beim Hunde, die Beweglichkeit der Wirbelsäule auf der rechten Seite geschädigt ist, daraus zu entnehmen, dass, wenn der Affe nach der Operation von der Lage am Boden in die Sitzstellung sich erhebt, ebenso wenn er dann in der Sitzstellung einen Schritt geht, er sich zugleich ein Stück um die Längsachse nach links dreht, dass er ferner in den ersten Tagen, ruhig liegend oder sitzend, den Kopf mit dem Kinn nach links gerichtet hält, und dass, wenn der Affe später frei im Zimmer sich bewegt, er kurze

1) S. oben 316, 329 ff.

Wendungen oder Drehungen regelmässig nach links, nicht nach rechts macht.

Damit könnten wir unsere Untersuchungen abschliessen, erforderte nicht noch das Schwimmen unserer Hunde eine besondere Betrachtung. „Den glänzenden Beweis“, sagt Hr. Luciani¹⁾, „das Experimentum crucis, dass die zerebellare Ataxie nicht von dem Fehlen der Fähigkeit abhängt, im Raume das Gleichgewicht zu erhalten, sondern von dem asthenischen, atonischen und astatischen neuromuskulären Zustand, liefert die von uns zuerst klar hervorgehobene Tatsache, dass ein Stadium der zerebellaren Ataxie existiert, währenddessen das Tier nicht zu gehen vermag oder geht, indem es bei jedem Schritt, den es ausführt, fällt und durch das Fallen nach vorwärts getrieben wird; und dennoch ist es ausgezeichnet imstande, sich im Wasser, wo die Erhaltung des Gleichgewichts viel schwieriger ist, an der Oberfläche zu erhalten oder sehr gut zu schwimmen, ohne dass jemals das Gleichgewicht verloren ginge, und vermag es sogleich wiederzuerlangen, sowie es verloren zu gehen droht oder verloren gegangen ist, und kann endlich mit Leichtigkeit durch geeignete Kompensationsakte die Schwimmrichtung verändern, um sich dem Rande des Bassins zu nähern und herauszusteigen.“ Und an anderer Stelle²⁾ heisst es im Hinblick auf die Zeit, da der kleinhirnlose Hund nach dem Ablaufe der dynamischen Erscheinungen „bei jedem Versuche sich aufzurichten bald auf die eine, bald auf die andere Flanke fällt“ und „später sich bloss auf den vorderen Extremitäten zu erheben vermag“: „Dass dieser Zustand der Unfähigkeit des Tieres, die aufrechte Stellung anzunehmen und zu erhalten, einzig und allein von der mehr oder weniger auf alle Muskeln verteilten Asthenie, der Atonie und der Astasie bestimmt ist und nicht von der Unfähigkeit, die Bewegungen zu koordinieren, abhängt und auch nicht von dem Fehlen des Gleichgewichtssinnes, das wird klar durch die Tatsache bewiesen, dass in dieser Periode das Tier vortrefflich zu schwimmen vermag, wie irgend ein normaler Hund.“ Auf diese Weise würden, wie man sieht, nicht nur die älteren Vorstellungen, die das Kleinhirn das Gleichgewichtsorgan des Tieres oder sein Koordinationsorgan sein liessen, sondern auch, was wir ermittelt haben, glänzend widerlegt sein, und wir müssen deshalb noch untersuchen, was das Experimentum crucis auf sich hat.

Ich benutzte für die Schwimmversuche ein viereckiges Bassin von 3 m Länge, 1½ m Breite und 2 m Tiefe, das bis nahe zum Rande mit Wasser gefüllt war. Frische Leichen von Hunden aller Art gingen,

1) Klh. 323.

2) Cerv. 198; Klh. 303.

in das Wasser gebracht, zum kleineren Teile sogleich unter; zum grösseren Teile hielten sie sich, entweder in der Seitenlage oder in der aufrechten Stellung des stehenden Hundes und höchstens etwas nach der Seite geneigt, an der Oberfläche, so dass die oberste Partie des Rumpfes noch aus dem Wasser sah, selten der Körper eben ganz eingetaucht war. Wurden diese Leichen gewaltsam aus ihrer Lage gebracht, aus der Seitenlage in die aufrechte Stellung übergeführt oder aus der aufrechten Stellung auf die Seite umgelegt, so kehrten sie alsbald zu ihrer alten Haltung an der Oberfläche zurück; wurde der dicht unter der Oberfläche befindliche Kopf aus dem Wasser gehoben, so stellte sich die Leiche etwas schräg, das Steissende tiefer ein. Diese Leichen verblieben auch in der Mehrzahl an der Oberfläche; in der Minderzahl sanken sie nach den ersten Minuten, indem aus Mund, Nase, Ohren, Haarkleid Luftblasen aufstiegen, langsam zu Boden. Normale lebende Hunde nahmen im Wasser meist sogleich die aufrechte Stellung ein, wiederum an der Oberfläche, wie die Leichen, nur dass sie den Kopf höher trugen und die Nase dicht über dem Wasser hielten; und so schwammen sie unausgesetzt unter mässigen Gehbewegungen der Extremitäten rasch geradeaus und wendend, das Wasser durchfurchend, ohne seinen Spiegel zu trüben. Sie regten das Wasser erst auf, wenn sie am Rande des Bassins aussteigen wollten und zu dem Ende sich schräg, mehr senkrecht im Wasser stellten, den Vorderkörper bis zu den Schultern aus dem Wasser gehoben, und mit den Vorderbeinen stark auf das Wasser schlugen: wobei sie unregelmässig hin und her schwankten, insbesondere nach vorn und hinten, und zuweilen es geschah, dass sie rasch durch die senkrechte Stellung hindurch in die hintenüber geneigte Stellung übergingen, jedoch alsbald, lange bevor der Scheitel das Wasser berührte, in die vornüber geneigte Stellung sich zurückwarfen. Dieselben Hunde konnten aber auch andere Male, in das Wasser gebracht, von vorne herein und mitten im Bassin die schräge, mehr senkrechte Stellung einnehmen und in dieser Stellung unter dem Schlagen der Vorderbeine und dem Treten der Hinterbeine ungefähr an Ort und Stelle verbleiben oder langsam durch das Wasser sich vorwärtsbringen; früher oder später, wenn sie müde wurden, gingen sie zum Schwimmen in aufrechter Stellung über.

Anders verhielten sich die operierten Hunde. Nach der halbseitigen, sagen wir wieder linksseitigen Exstirpation schwamm der Hund, 8 bis 10 Tage nach der Operation in das Wasser gebracht, an der Oberfläche mit horizontalem Rumpfe und gehobenem Kopfe oder in schräger, mehr senkrechter Stellung, zwischen den beiden Stellungen mehrfach wechselnd, und rollte dabei unausgesetzt links herum im Kreise, so dass er nur wenig oder unregelmässig vorwärtskam. Aber so war es nur das erste

Mal, dass der Hund in das Wasser kam. Das zweite Mal und weiter schwamm er nur zeitweise so linksherum rollend, zeitweise schwamm er, schief auf der rechten Seite liegend, mit der linken Kopfhälfte und der Nase und einem Teile der linken Brust- und Bauchseite über Wasser, gut und rasch, ohne das Wasser aufzuwiegeln, in grossem Bogen nach vorn und rechts; jedesmal dass er den Rücken nach links hob, um aus der Seitenlage in die aufrechte Stellung überzugehen, stellte sich sogleich das Rollen linksherum ein und setzte sich fort, bis der Hund wieder in der schiefen rechten Seitenlage verblieb. Durch etwa 8 Tage trat keine Veränderung weiter ein, als dass das Rollen, das zuerst häufig und jedesmal mit vielen Kreisdrehungen nach einander erfolgt war, seltener wurde und sich jedesmal in der Regel auf eine oder zwei Kreisdrehungen beschränkte. Dann bei einer nächsten Prüfung lag der Hund nicht mehr schief auf der rechten Seite und rollte auch nicht mehr, sondern schwamm wie der normale Hund, lediglich mit der Abweichung, dass er sowohl in der aufrechten wie in der schrägen, mehr senkrechten Stellung ein wenig nach links überhing. Und dabei blieb es für die Folge; es war höchstens noch zu bemerken, dass er Wendungen im Schwimmen vorzugsweise nach links machte. Der kleinhirnlose Hund, 8—10 Tage nach der Totalexstirpation in das Wasser geworfen, überschlug sich, sobald er mit dem Kopfe voran in die Höhe gekommen war, und setzte das Ueberschlagen nach vorn, nach hinten und nach der Seite fort, bis er in kurzem in die Tiefe sank. Wurde er aber in aufrechter Stellung in das Wasser gelegt, so hielt er sich an der Oberfläche mit horizontalem Rumpfe und rollte unter Beugen und Strecken der Beine unausgesetzt im Kreise, sank dabei etwas tiefer in das Wasser ein, schlug plötzlich nach vorn um und ging unter. Nach einigen Tagen hielt der Hund den Kopf höher, so dass die Nase mehr während des Rollens ausserhalb des Wassers war; der Hund rollte jetzt länger an der Oberfläche, ging aber doch in etwa 2 Minuten kopfüber in die Tiefe. Das Rollen erfolgte hier ohne Vorwärtsbewegung und sowohl rechtsherum wie linksherum; es wechselte in der Richtung bei den verschiedenen Prüfungen desselben Tieres, behielt aber bei jeder einzelnen Prüfung die einmal angenommene Richtung bei. Nach wieder einigen Tagen stellte sich der Hund zu Anfang schräg, mehr senkrecht und hielt sich kurze Zeit in der Stellung, indem er mit den Vorderbeinen kräftig auf das Wasser schlug, oder schwamm der Hund von vorneherein eine Weile gut mit horizontalem Rumpfe unter mässigen Gehbewegungen der Extremitäten; doch immer trat hier wie dort bald wieder das Rollen mit zeitweisem Untertauchen des Kopfes ein und sank der Hund schliesslich zu Boden. Bei einer späteren Prüfung aber — in der 4. Woche nach der Operation — rollte der Hund nicht mehr; und fortan

schwamm er wie der normale Hund, von diesem nur darin, aber darin auch scharf unterschieden, dass er, wenn er von der schrägen, mehr senkrechten Stellung aus nach hinten oder zur Seite überneigte, öfters wirklich umschlug und mit dem Kopfe in das Wasser tauchte; er stellte sich dann sogleich wieder hoch, nachdem er sich auf die Bauchseite umgedreht hatte.

Vergleicht man diese Erfahrungen an den operierten Hunden mit den Lucianischen, so ergibt sich für die frühe Zeit nach der Operation die Abweichung, dass dort in den Versuchsprotokollen weder des Rollens des Hundes nach der halbseitigen oder totalen Exstirpation noch seines Liegens auf der unverletzten Seite beim Schwimmen nach der halbseitigen Exstirpation Erwähnung geschieht. Es muss dies befremden, da es sich doch um recht auffällige und über Wochen sich erstreckende Abnormitäten handelt, so dass sie auch Hrn. Thomas schon bei den wenigen Schwimmprüfungen, die er anstellte, nicht entgangen sind¹⁾. Indes dürften die Abnormitäten sich auch Hrn. Luciani dargeboten haben. Denn was er von „Evolutionen“ des Hundes im Wasser berichtet und von Manègebewegungen nach der unverletzten Seite, denen Manègebewegungen nach der Exstirpationsseite voraufgingen oder nachfolgten²⁾, wäre, zusammengehalten mit dem, was zur Beobachtung kommt, sonst nicht wohl zu verstehen. Zudem findet sich, wo Hr. Luciani bei der Aufführung seiner Versuchsergebnisse sagt³⁾, dass die Hunde vor der Fähigkeit zu gehen im allgemeinen erst die Befähigung wiedererlangen, sich an der Oberfläche des Wassers zu erhalten und zu schwimmen, einmal die Bemerkung, dass bei den halbseitigen Exstirpationen, wenn eben das Phänomen des Rollens auf dem Fussboden aufgehört hat, das Tier, das noch nicht auf die Füße sich zu stellen vermag, ins Bassin geworfen, häufig fähig ist, sich an der Oberfläche zu halten, aber leicht das Gleichgewicht verliert und einige Rollungen ausführt. Hr. Luciani scheint nur dem Schwimmen in der Seitenlage keine Bedeutung beigemessen zu haben und ebensowenig dem Rollen im Wasser, das sich zeigte, als das den vermeintlichen Reizerscheinungen zugehörige Rollen im Zimmer bereits abgelaufen war.

Darin aber stimmen unsere Erfahrungen mit den Lucianischen überein, dass der Hund nach der halbseitigen wie der totalen Exstirpation schon gut schwimmen kann zu der Zeit, zu welcher er auf dem Fussboden noch nicht ein paar Schritte machen kann, ohne zu fallen. Und das soll also nach Hrn. Luciani beweisen, dass die Unfähigkeit des Hundes, die aufrechte Stellung zu erhalten und zu gehen, einzig und

1) Thomas, a. a. O. 239, 244.

2) Cerv. 68, 78, 79, 127.

3) Cerv. 169. — Klh. 284.

allein von der Asthenie, Atonie und Astasie der Muskulatur abhängt. Für den Fall der halbseitigen Exstirpation, bei dem jene Unfähigkeit einzig und allein von der Schwäche der Beine der Exstirpationsseite abhängen soll¹⁾, gibt er auch noch eine Erläuterung, die klar dartut, was er meint. „Das Tier“, sagt er²⁾, „ist nicht imstande, sich auf den Füßen zu halten und zu gehen, ohne die Flanke der operierten Seite anzulehnen, weil die Schwäche der Gliedmassen dieser Seite derartig ist, dass sie dem Tier nicht gestattet, das Gewicht des eigenen Körpers auf sie zu stützen. Es vermag jedoch sehr gut zu schwimmen, weil der Auftrieb des verdrängten Wassers die Last des Körpers entsprechend vermindert. Beim Schwimmen hält es die Flanke der gesunden Seite höher oben und dreht sich immer nach dieser Seite, weil die Bewegungen, die es ausführt, oder die Schläge, die es dem Wasser mit den Gliedern der gesunden Seite erteilt, kräftiger und energischer sind als die auf der operierten Seite. Denn durch das stärkere Rudern mit den Gliedern der gesunden Seite drückt es mit diesen kräftiger das Wasser von oben nach unten, was ein höher oben Schwimmen der Flanke der gesunden Seite zur Folge hat, von vorn nach hinten, was die Vorwärtsbewegung veranlasst, und von aussen nach innen, wodurch die Krümmung und Drehung nach der gesunden Seite zustande kommt.“ Nun hat es ja damit seine Richtigkeit, dass die Extremitäten nach der halbseitigen Exstirpation auf der Exstirpationsseite und nach der Totalexstirpation auf beiden Seiten schwächer sind als normal: trotzdem ist die Lucianische Beweisführung verfehlt und, was bewiesen sein soll, unrichtig.

Nach den Versuchen an der Leiche ist das spezifische Gewicht des Hundes — infolge des Luft- und Fettgehaltes — ungefähr das des Wassers; und lassen wir es selbst am lebenden Hunde auch während der Einatmung grösser als das des Wassers sein, so übertrifft es doch das letztere nur so wenig, dass beim schwimmenden Hunde der allergrösste Teil des Körpergewichts durch den Druck des umgebenden Wassers getragen wird. Damit der normale Hund sich an der Oberfläche des Wassers aufrecht halte und schwimme, genügen deshalb wesentlich schwächere Gehbewegungen der Extremitäten, als damit der Hund sich im Zimmer aufrecht halte und gehe. Zudem ist auch die Erhaltung des Gleichgewichts nicht, wie Hr. Luciani meint³⁾, viel schwieriger, sondern leichter im Wasser als im Zimmer. Denn das Gleichgewicht ist am stehenden und gehenden Hunde sehr labil, weil der Schwerpunkt hoch über der Umdrehungsachse am Boden sich be-

1) Cerv. 186—7.

2) Klh. 290. — S. auch Cerv. 187.

3) S. oben 357.

findet, während es am schwimmenden Hunde, dessen Schwerpunkt etwas unterhalb des Schwerpunktes der verdrängten Wassermasse gelegen ist, wie wiederum die Versuche an der Leiche zeigen, stabil ist. Daher wird ein Hund, der wegen Schwäche der Extremitäten oder wegen unzureichender Gleichgewichtserhaltung oder aus beiden Gründen sich nicht aufrecht im Zimmer und im Wasser halten kann, immer, wenn die Abnormität mit der Zeit abnimmt, eher sich aufrecht zu halten und zu schwimmen imstande sein, als sich aufrecht zu halten und zu gehen. Aber darum ist nicht ohne weiteres umgekehrt, wenn ein Hund bei abnehmender Schwäche der Extremitäten zu einer Zeit gut aufrecht schwimmen kann, zu der er noch nicht sich aufrecht zu halten und zu gehen vermag — ich will diese Zeit der Kürze halber die kritische nennen —, der Schluss gestattet, wie ihn Hr. Luciani gezogen hat, dass die Unfähigkeit des Hundes, sich aufrecht zu halten und zu gehen, einzig und allein von der Schwäche der Extremitäten abhängt. Denn es ist nicht ausgeschlossen, dass zur kritischen Zeit doch eine Störung der Gleichgewichtserhaltung besteht, zu klein, um das gute Schwimmen, aber gross genug, um das Aufrechtbleiben und Gehen des Hundes zu verhindern.

Einfach ergibt sich denn auch die Unrichtigkeit des Schlusses bei unseren Hunden. Der kleinhirnlose Hund, der gut schwimmen, aber nicht ein paar Schritte aufrecht machen konnte, vermag später längere Zeit zu gehen, ohne zu fallen oder selbst nur zu taumeln. Wäre nun, was zur kritischen Zeit das Gehen unmöglich machte, lediglich eine gewisse Schwäche der Extremitäten gewesen, so bestände diese Schwäche jetzt nicht mehr; und da der Hund, wie längst gerade sein Schwimmen gezeigt hat, im Besitze der normalen Gehbewegungen der Extremitäten ist, müsste er jetzt normal gehen. Das ist aber nicht der Fall, der Hund kann zeitlebens nur hüpfend oder sprungartig gehen und fällt, wenn er normal zu gehen versucht; also kann die frühere Unfähigkeit, sich aufrecht zu halten und zu gehen, nicht einzig und allein von der Schwäche der Extremitäten abhängig gewesen sein. Noch weiter führt eine ähnliche Betrachtung im Falle der halbseitigen Exstirpation. Hier kommt am schwimmenden Hunde zur kritischen Zeit die Schwäche der Extremitäten der Exstirpationsseite, wie Hr. Luciani richtig bemerkt hat, darin zum Ausdruck, dass die Flanke der gesunden Seite höher oben schwimmt, dass der Hund ein wenig nach der Exstirpationsseite überhängt. Wäre durch diese Schwäche das Aufrechtbleiben und Gehen des Hundes verhindert, so müsste später, wenn der Hund gehen kann, die Schwäche abgenommen haben, und dementsprechend müsste die Haltung des Hundes beim Schwimmen verändert sein. Eine solche Veränderung zeigt sich jedoch nicht, vielmehr schwimmt der Hund nachher

gerade so überhängend wie zuvor. Daher kann die Schwäche der Extremitäten zur kritischen Zeit nicht einmal irgend wesentlich mitgewirkt haben, dass der Hund sich nicht aufrecht zu halten und zu gehen vermochte. Aber diese Einsicht hat auch gar nichts Ueberaschendes. Denn schon jenes geringe Ueberhängen des schwimmenden Hundes tut die Schwäche der Extremitäten als viel zu unbedeutend kund, als dass durch sie nach unseren sonstigen Erfahrungen Stehen und Gehen verhindert sein konnten; und dazu lehrt die Verfolgung der Schlaffheit der Extremitäten, an der ihre Schwäche am besten sich er-messen lässt, dass sie mit ihrer Abnahme nach der Operation zur kritischen Zeit bereits die geringe Grösse erreicht hat, auf der sie für die Folge verbleibt¹⁾. Hr. Luciani hat allerdings öfters vom Einknicken der Extremitäten gesprochen, auch wo der Hund zur kritischen Zeit und später taumelte oder fiel, aber nach dem, was am Tiere zu sehen ist, mit nicht mehr Recht und nicht weniger Willkür, als wenn er gesagt hätte, dass derzeit die Extremitäten sich beugten, weil der Hund taumelte oder fiel. Und wenn er sich darauf berufen wollte, dass der Hund zur kritischen Zeit imstande ist, sich auf den Füßen zu halten und zu gehen, wenn er die Flanke der operierten Seite anlehnt²⁾, so braucht man nur zu beachten, wie dafür zu dieser Zeit schon eine sehr wenig ausgedehnte Anlehnung an die Wand, schon eine ganz lose Anlehnung an die Hand ausreicht, um daran, dass dann beim Gehen, wenn die Füße nach einander abgehoben werden, der Hund nicht niederbricht, zu erkennen, dass die Extremitäten nicht zu schwach sind, die Körperlast zu tragen.

Mit dem Experimentum crucis ist es also nichts. Im Gegenteil erweist sich das ganze Verhalten, das die operierten Hunde im Wasser zeigen, durchaus entsprechend unseren früheren Ermittlungen. Durch den Verlust des Kleinhirns ist zwar lediglich die feinere Gleichgewichtserhaltung untergegangen, aber zunächst nach der Operation fehlt auch die gröbere und damit alle Gleichgewichtserhaltung, weil durch die herabgesetzte Erregbarkeit der Mark- und Muskelzentren für den Bereich von Wirbelsäule und Extremitäten das Wirken der stehengebliebenen Hirnteile ausgeschlossen ist. Im Zimmer kann da der kleinhirnlose Hund zuerst in der Seitenlage, dann in der Brustbauchlage ruhig liegen; aber im Wasser muss er, um nicht unterzugehen, seine Extremitäten stets in Bewegung halten; und so kommt es, weil er gleichzeitig das Bestreben hat, das ihm unversehrt verblieben ist, den Rücken nach oben und den Bauch nach unten zu bringen, zum vielen Ueberschlagen und fortgesetzten Rollen im Kreise. Diese verlieren sich dann mehr und

1) S. oben 327.

2) S. oben 361. — Cerv. 187.

mehr und machen dem aufrechten Schwimmen Platz in der Masse, in der die Erregbarkeit der bezeichneten Zentren zunimmt und die stehengebliebenen Hirnteile mit der gröberen Gleichgewichtserhaltung zu Hülfe kommen; bis der Hund schon zu einer Zeit, zu der er noch nicht gehen kann, gut schwimmt, weil die Gleichgewichtserhaltung im Wasser leichter ist. Doch schwimmt der Hund jetzt nicht „vortrefflich wie irgend ein normaler Hund“ und nicht „ohne dass jemals das Gleichgewicht verloren ginge“¹⁾, sondern verrät auch im Wasser jetzt und in der Folge den Verlust der feineren Gleichgewichtserhaltung, indem er öfters von der schrägen, mehr senkrechten Stellung aus umschlägt und mit dem Kopfe untertaucht. Nach der linksseitigen Exstirpation, nach der alle Störungen nur halb so ausgedehnt sind und der Hund schon nach einigen Tagen die Brustbauchlage am Boden einhalten kann, kommt es im Wasser 8—10 Tage nach der Operation nur zum Rollen im Kreise und erfolgt dieses Rollen ausschliesslich links herum, weil die ungeschädigten rechten Extremitäten, indem sie viel stärker als die linken stossen, den Rumpf immer mit dem Wurf nach links aus dem Gleichgewicht bringen. Indes weiss sich der Hund hier bald dadurch zu helfen, dass er von dem Bestreben, den Rücken nach oben und den Bauch nach unten zu bringen, ablässt und schief auf der rechten und immer nur auf dieser Seite liegend schwimmt, so dass die Gehbewegungen der rechten Extremitäten ihn an der Oberfläche des Wassers halten und gut vorwärtsführen, aber nicht mehr nach links umfallen machen und dadurch zum Rollen bringen. Durch diese Gehbewegungen bei dieser Lage schwimmt er auch in grossem Bogen nach rechts²⁾. Hat die Herabsetzung der Erregbarkeit der Zentren soweit abgenommen, dass der Unterschied in der Stärke der Gehbewegungen zwischen den beiderseitigen Extremitäten nur noch gering ist, so ist auch der Verlust der feineren Gleichgewichtserhaltung soweit durch die stehengebliebenen Hirnteile funktionell kompensiert, dass der Hund gut in aufrechter Stellung schwimmt, wiederum eher, als er sich aufzustellen und zu gehen vermag. Sein leichtes Ueberhängen nach links zeigt dann die restierende Schwäche seiner linken Extremitäten an, und dieser lässt es sich auch neben der leichteren Beweglichkeit der linksseitigen Wirbel-

1) S. oben 357.

2) Dass Luciani (Cerv. 187, 188—9; 69, 73, 86, 92) bei aufrechter Stellung des schwimmenden Hundes das funktionelle Ueberwiegen (die stärkeren Ruderschläge) der Extremitäten der unverletzten Seite zwangsweise Manöbergewindungen nach dieser unverletzten Seite herbeiführen lässt, ist mir unverständlich geblieben; ebenso seine neuerliche Bemerkung (Klh. 290, s. oben 361), dass die Extremitäten der unverletzten Seite das Wasser kräftiger „von aussen nach innen“ drücken, wofür sich gar keine tatsächliche Unterlage findet.

säule-Muskulatur zuschreiben, dass der Hund fortan die Wendungen im Schwimmen vorzugsweise nach links macht.

Merkwürdig ist, dass Hr. Luciani, der so eifrig das Schwimmen verfolgte, gerade auf das nicht aufmerksam wurde, was die bedeutsamsten seiner Vorstellungen von den Folgen des Kleinhirnverlustes bündigst widerlegen konnte. War das Rollen im Kreise, das nach der halbseitigen Exstirpation der Hund am Boden vollführte, eine der Reizerscheinungen, die in 8—10 Tagen nach der Operation sich verloren, oder, was Hr. Luciani neuerlich zu glauben vorzog¹⁾, die Folge eines zu derselben Zeit bestehenden Schwindels, so durfte es am Hunde im Wasser nicht noch in der zweiten und dritten Woche nach der Operation auftreten. Und vor allem, rührten bei dem liegenden, stehenden und gehenden Hunde das Zittern und Schwanken, das Zögern oder die Unsicherheit in der Bewegung, der charakteristische Mangel an Kontinuität, beziehungsweise an Festigkeit in den Bewegungen der Gliedmassen und der Wirbelsäule von der Lucianischen „Astasie“ her, d. h. daher, dass die Muskelkontraktionen in zitternder Weise erfolgten, die Elementarimpulse unvollständig verschmolzen, die Einzelimpulse sich unvollkommen summierten²⁾, so mussten ebensolche oder ähnliche Abnormitäten beim schwimmenden Hunde sich zeigen; aber da hat Hr. Luciani nichts davon zu berichten gefunden, da ist nichts davon zu sehen, nicht einmal das leiseste Zittern des durch andauernde Muskeltätigkeit mit der Nase über Wasser gehaltenen Kopfes.

10.

Natürlich habe ich bei der Verfolgung der totalen und der halbseitigen Exstirpation, nicht nur bevor ich das zweckentsprechende Operationsverfahren fand, sondern auch nachher, wenn die Exstirpation nicht wie beabsichtigt zur Ausführung kam, noch von vielen anderen Verstümmelungen des Kleinhirns die Folgen für Hund und Affen kennen gelernt. Den Rahmen unserer Untersuchung zu erweitern, gestatten diese Erfahrungen nicht; denn sie können, weil die Ausdehnung der Verstümmelung von Fall zu Fall unregelmässig wechselte, in Betreff der Bedeutung der kleineren Kleinhirnpartien nur als Hinweis gelten, nicht als zuverlässige Auskunft, die wiederum nur durch methodische Exstirpationen zu gewinnen sein wird. Sie verleihen aber dadurch, dass sie anderweitige Abnormitäten nicht aufwiesen und mit den vorgeführten Ergebnissen als Ergebnisse unvollkommener Versuche gut zusammen-

1) Klh. 287.

2) Vergl. oben 318.

stimmten, noch erhöhte Sicherheit unseren Ermittlungen, die wir nunmehr im ganzen übersehen wollen.

Das Kleinhirn ist darnach ein nervöser Bewegungsapparat des Tieres, dessen Herrschaft sich auf Wirbelsäule- und Extremitäten-Muskeln erstreckt, oder schärfer ausgedrückt, dessen motorischen zentralen Elementen Mark- und Muskelzentren für den Bereich von Wirbelsäule und Extremitäten untergeordnet sind. Die Unterordnung ist in dem Bereiche eine sehr weit ausgedehnte, doch nicht eine allgemeine; so unterstehen die Zentren der die Endglieder der Extremitäten bewegend Muskeln dem Kleinhirn nicht. Jeder seitlichen Kleinhirnhälfte sind die Zentren für den Bereich der gleichseitigen Extremitäten und der entgegengesetzten Wirbelsäulenseite zugehörig.

Im untätigen Kleinhirn des wachen Tieres sind, wie in seiner Grosshirnrinde, dem Hirnstamm und dem Rückenmark, die motorischen zentralen Elemente immer schon schwach erregt und halten dadurch ihrerseits die ihnen untergeordneten Mark- und Muskelzentren in schwacher Erregung oder erhöhter Erregbarkeit. Was die Erregung der motorischen Elemente des Kleinhirns unterhält, das sind die sensiblen Erregungen, die beständig aus dem Bereiche von Wirbelsäule und Extremitäten auf den Bahnen der Tiefensensibilität, nicht der Hautsensibilität, zu den Elementen gelangen und auf dem Wege über das Kleinhirn die Grosshirnrinde erreichen. Doch ist es nicht ausgeschlossen und sogar wahrscheinlich, dass ausserdem noch anderswoher stammende sensible oder sensorielle, wie interzentrale Erregungen, die den Elementen zufließen, ihre ständige schwache Erregung veranlassen.

Tätig, leistet das Kleinhirn mittels Wirbelsäule- und Extremitäten-Bewegungen die feinere Gleichgewichtserhaltung oder Gleichgewichtsregulierung des Tieres, die unbewusst bei den gewöhnlichen Haltungen und Bewegungen des Tieres, beim Liegen, Sitzen, Stehen, Gehen, Klettern, Schwimmen usw. sich vollzieht, so dass selbst während der Bewegung es nicht zu einer gefährlichen Störung des Gleichgewichts kommt und mit dem Abschlusse der Bewegung sogleich wieder das Gleichgewicht besteht. Sie ist zu unterscheiden von der gröberen Gleichgewichtserhaltung des Tieres, die von anderen Hirnteilen geleistet wird, wenn irgendwie eine gefährliche Störung des Gleichgewichts des Tieres eingetreten ist, und die durch ungewöhnliche willkürliche oder unwillkürliche Bewegungen dem Fallen entgegenwirkt und das Gleichgewicht wiederherstellt oder wiederherzustellen sucht. Nach Kleinhirnverlust fällt diesen anderen Hirnteilen die funktionelle Ersatzleistung zu, und sie erhalten auch beim Liegen, Sitzen, Stehen, Gehen, Klettern, Schwimmen usw. des Tieres das Gleichgewicht, doch nur mit grösserem Kraftaufwande, als es seitens des Kleinhirns geschah, und ungeschickter und unvoll

kommener mit Veränderung der normalen Haltungen und Bewegungen des Tieres.

Ferner noch leistet das Kleinhirn mit seiner Tätigkeit das kurze Seitwärtswenden und Drehen des Tieres, und zwar sind von jeder seitlichen Kleinhirnhälfte Wenden und Drehen nach der entgegengesetzten Seite abhängig. Hier kommt es nach Kleinhirnverlust zu einer Ersatzleistung durch andere Hirnteile nicht. Aber diese Leistung des Kleinhirns, deren Fortfall nach den Exstirpationen, die wir untersuchten, der Störung der Gleichgewichtserhaltung gegenüber in den Hintergrund trat, bedarf jetzt noch der näheren Betrachtung.

Während in grossem Bogen das Tier, Hund wie Affe, nach der totalen und nach der halbseitigen Exstirpation im Gehen, Klettern, Schwimmen beliebig die Richtung ändert, kann es in kleinem Bogen nach der halbseitigen Exstirpation nicht nach der unverletzten Seite und nach der Totalexstirpation nach keiner Seite hin sich drehen. Nicht nur kommen solche kurzen Wendungen und Drehungen niemals bei den Bewegungen des sich selbst überlassenen Tieres zur Beobachtung, sondern sie sind auch nicht durch passende Anregungen des Tieres herbeizuführen; und will man sie erzwingen, indem man dem Tiere die sonstigen Wege verlegt, so fällt das Tier im Gehen zu Boden, stürzt der Affe im Klettern, wenn er sich nicht rückwärts bewegt, ab, schlägt der Hund im Schwimmen um und taucht mit dem Kopfe unter. Hin und wieder scheint der kleinhirnlose Hund, wenn er lange nach der Operation sich munter auf dem Rasen bewegt, sich in kleinem Bogen drehen zu wollen, aber jedesmal stolpert er alsdann und stürzt er hin; auch kommt es vor, dass der Hund in einem schmalen Gange auf seinem Wege kurz umzukehren strebt, aber er fällt sogleich, und hat er sich aufgerichtet, fällt er nochmals, und so wiederholt es sich, bis er durch die Verschiebungen beim Fallen und am Boden schliesslich ungefähr in die entgegengesetzte Richtung gelangt und nunmehr wieder geht. Sogar schon ganz grob macht sich die Störung beim kleinhirnlosen Tiere bemerklich durch das Ungelenkige, Steife, Hölzerne, das an dem Tiere auffällt, sobald man es längere Zeit in seinen Bewegungen verfolgt. Wie man da den Eindruck der Schwerbeweglichkeit der Wirbelsäule empfängt, so lehrt es auch die unmittelbare Beobachtung, wenn man das Tier durch Lockung zu Drehungen im Gehen veranlasst und im Falle der halbseitigen Exstirpation die beiden Seiten des Tieres in Vergleich zieht¹⁾, dass das Tier die Wirbelsäule viel weniger seitwärts biegen kann als in der Norm.

Doch mit dieser Erkenntnis, bei der wir früher stehen blieben, ist das Wesen der Störung noch nicht erfasst. Denn wenn der kleinhirn-

1) S. oben 344.

lose Hund am Boden liegt, sehen wir ihn öfters, sogar schon zu der Zeit, da er noch nicht sich aufzustellen und zu gehen vermag, willkürlich die Wirbelsäule hakenförmig zur Seite biegen und drehen, so dass die Schnauze den Oberschenkel erreicht; und ebenso sehen wir gelegentlich die Bewegungen der Wirbelsäule nicht merklich anders als in der Norm erfolgen, wenn der Hund angelehnt steht und wenn der kleinhirnlose Affe sitzt oder an den Gitterstäben des Käfigs hängt. So krümmt sich auch der liegende kleinhirnlose Hund oder der sitzende kleinhirnlose Affe, ohne die Extremitäten zu bewegen, hakenförmig zur Seite nach hinten, wenn wir dort neben ihm den Futternapf aufgestellt haben, und holt mit dem Maule das Fleisch oder mit dem Arme die Mohrrüben aus dem Napfe. Aber haben wir den Napf in gleicher Höhe zur Seite angebracht, nur etwas weiter entfernt, so dass das Tier ihn nicht durch jenes Krümmen erreichen kann, so dreht sich unser Tier, so gierig es auch sichtlich ist, nicht im ganzen kurz zur Seite um wie das normale Tier, sondern stellt sich auf und geht ein Stück nach vorn und dann in grossem Bogen zur Seite und endlich rückwärts, so dass es fast einen ganzen grossen Kreis beschreibt, bis es zum Napfe gelangt. An sich oder für sich allein sind also die Bewegungen der Wirbelsäule bei unserem Tiere nicht beschränkt, so wenig wie die Bewegungen der Extremitäten an sich, — diese Bewegungen kann das Hirn ohne Kleinhirn vollführen —; sondern was unserem Tiere abgeht, das sind die zweckmässig verbundenen Wirbelsäule- und Extremitäten-Bewegungen, die koordinierten (geordneten) Gemeinschafts- oder kombinierten Bewegungen von Wirbelsäule und Extremitäten, wie sie für das kurze Seitwärtswenden und Drehen des Tieres erforderlich sind. Die Herbeiführung dieser Gemeinschaftsbewegungen macht demnach die Leistung des Kleinhirns aus. Und das wird uns sogar durch die elektrische Reizung am Kleinhirn (des Hundes) noch geradezu vor die Augen geführt. Denn die einseitige, sagen wir linksseitige Reizung hat nicht bloss Bewegungen der linken Extremitäten und Konkavkrümmung der Wirbelsäule nach rechts zur Folge¹⁾, sondern liefert, wie ich sah, hat man die passende Reizstärke getroffen, in rascher Folge genau die Bewegungen, die das kurze Drehen des Tieres nach rechts zustandebringen: zuerst wird das linke Vorderbein nach vorn und weit nach rechts gestreckt, dann krümmt sich die Wirbelsäule allmählich immer stärker konkav nach rechts, und dabei wird das rechte Vorderbein gleichfalls nach rechts, aber weniger als das linke, vorbewegt und das rechte Hinterbein etwas nach vorn gesetzt, und endlich wird das linke Hinterbein mässig nach vorn und rechts gebracht.

1) S. oben 345.

Konnten zuerst die beiderlei Leistungen des Kleinhirns weit auseinander zu liegen scheinen, so kommen sie nunmehr dahin zusammen, dass wir unseren Ermittlungen den Ausdruck geben können: Das Kleinhirn ist das Organ, in dem Mark- und Muskelzentren der Wirbelsäule einerseits und der Extremitäten andererseits derart mit einander in Verbindung gesetzt sind, dass durch seine Tätigkeit unwillkürlich und unbewusst zweckmässige (koordinierte) Gemeinschaftsbewegungen von Wirbelsäule und Extremitäten zustandekommen, insbesondere die Gleichgewichtserhaltung bei den gewöhnlichen Haltungen und Bewegungen des Tieres, beim Liegen, Sitzen, Stehen, Gehen, Klettern, Schwimmen usw.; oder kurz: Das Kleinhirn ist das Zentralorgan für unbewusste koordinierte Gemeinschaftsbewegungen von Wirbelsäule und Extremitäten im allgemeinen und für die feinere Gleichgewichtserhaltung des Tieres im besonderen. Ich habe keine Erfahrung gefunden, die damit im Widerspruch stände; sogar das Rollen im Kreise, das nach der halbseitigen Exstirpation in den ersten Tagen beim Hunde auftritt, lässt sich ihm unterordnen.

Die feinere Gleichgewichtserhaltung ist besonders hervorzuheben, weil sie die hauptsächliche und für die Existenz des Tieres wichtigste Leistung des Kleinhirns ist; aus dem Grunde wird sie auch nach Kleinhirnverlust so bald und so gut als möglich funktionell ersetzt, während für die nicht so notwendigen Leistungen, wie das kurze Wenden und Drehen, eine Ersatzleistung, die zum mindesten in Unvollkommenheit gleichfalls seitens des Hirns ohne Kleinhirn geliefert werden könnte, nicht eintritt. Zugleich wird dadurch Missverständnissen vorgebeugt. So wenig das Kleinhirn das Gleichgewichtsorgan ist, so wenig ist es ein Koordinationsorgan über die Grenzen seiner spezifischen Aufgaben hinaus. Nicht einmal koordiniert es, wie Flourens glaubte, die Lokomotionsbewegungen. Die koordinierten Geh-, Kletter-, Schwimm- und dergl. Bewegungen der Extremitäten, das erste Erfordernis zum Gehen, Klettern, Schwimmen usw. des Tieres, haben nichts mit dem Kleinhirn zu tun, sondern werden vom Hirnstamm herbeigeführt, von Prinzipalzentren¹⁾, die den Markzentren der einzelnen Extremitäten übergeordnet und wahrscheinlich im Pons gelegen sind; und lediglich das zweite Erfordernis, die feinere Gleichgewichtserhaltung, leistet das Kleinhirn mittels koordinierter Bewegungen von Wirbelsäule und Extremitäten. Durch die engen nervösen Verbindungen, die zwischen Pons und Kleinhirn bestehen, ist deren richtiges Zusammenwirken gesichert. Für seine spezifischen Leistungen hat das Kleinhirn eigene Verbindungen mit den Mark- und Muskelzentren von Wirbelsäule und Extremitäten in den Nervenfasern, die nach der Kleinhirnexstirpation in den Randpartien

1) S. oben 70 ff.

der Vorder- und Vorderseitenstränge des Rückenmarks degeneriert gefunden werden.

Wie die Prinzipalzentren, kann das Kleinhirn unabhängig vom Grosshirn tätig sein. An den kleinen Säugetieren [Kaninchen, Meerschweinchen, Ratte¹⁾] und — nach Goltz' Schilderung seiner Versuchstiere²⁾ — am Hunde vollzieht sich die feinere Gleichgewichtserhaltung beim Liegen, Stehen, Gehen, Laufen noch nach dem völligen Verluste des Grosshirns, und die Erfolge der experimentellen Reizungen des Kleinhirns lassen übersehen, dass auch sonst Leistungen des Kleinhirns ohne Zutun des Grosshirns zustandekommen können infolge von mechanischen, entzündlichen u. dergl. unmittelbaren Angriffen des Kleinhirns, wie unter Umständen wohl auch infolge von peripherischen Reizungen oder Reizungen eng mit dem Kleinhirn verbundener zentraler Organe. Aber in der Norm ist das Kleinhirn dem Grosshirn untertan, wird vom Grosshirn, wie die Folgen unserer Kleinhirnexstirpationen lehren, das Kleinhirn als eigens vorgebildeter Bewegungsapparat, soweit dessen Leistungen reichen, für die Herbeiführung und Unterhaltung von willkürlichen Haltungen und Bewegungen des Tieres benutzt, werden vom Grosshirn zweckmässige Gemeinschaftsbewegungen von Wirbelsäule und Extremitäten mittels des Kleinhirns zur Ausführung gebracht. Und wenn so das Grosshirn die Leistungen des Kleinhirns in Anspruch nimmt, geschieht es, wie wenn das Grosshirn mittels der Prinzipalzentren des Hirnstammes die Geh-, Lauf- und Kletterbewegungen der Extremitäten herbeiführt, dass es die Leistungen des ihm untergeordneten Organes mit eigenen weiteren Leistungen unterstützt.

Jene Geh-, Lauf- und Kletterbewegungen erfahren seitens der Extremitätenregionen der Grosshirnrinde eine Vervollkommnung oder Verfeinerung, indem die Bewegungen der Extremitäten und besonders die — den Prinzipalzentren ebensowenig wie dem Kleinhirn unmittelbar unterstehenden — Bewegungen ihrer unteren Glieder den gegebenen äusseren Verhältnissen, wie Form, Härte, Glätte des Bodens oder der Stange usw., auf reflektorischem Wege angepasst werden³⁾. Solche Rindenreflexe kommen auch den Leistungen des Kleinhirns zu Hülfe, vor allem seiner feineren Gleichgewichtserhaltung beim Gehen und Stehen, die ja durch ein schlechtes Aufsetzen und Aufstehen der Füße des Tieres erschwert sein würde und unwirksam werden könnte. Von den vielen Belegen, welche dafür die Folgen der Schädigung der Extremitätenregionen liefern, sei nur des interessantesten und bündigsten

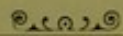
1) Vergl. Grosshirnrinde 219 ff.

2) Pflügers Arch. 51. 1892. 570 ff.

3) Arch. f. (Anat. u.) Physiol. 1878. 174. — S. oben 72—7, 92.

gedacht, dass der Hund, dem die Extremitätenregionen beider Grosshirnhemisphären vollkommen exstirpiert sind, und der längst wieder gut läuft, wenn er unter anscheinend normaler Haltung aller seiner Körperteile steht, trotz der Unversehrtheit des Kleinhirns das Schwanken des kleinhirnlosen Hundes zeigt, weil die Füße nur lose und leicht verschiebbar auf dem Boden sind¹⁾. Durch diese Hülffleistung der Reflexe der Extremitätenregionen gewinnen am normalen Tiere die Hautsensibilität und diejenige Tiefensensibilität der Extremitäten, deren Bahnen zum Grosshirn nicht den Weg über das Kleinhirn nehmen, obwohl sie unmittelbar nichts mit dem Kleinhirn zu schaffen haben, mitunter doch Bedeutung für dessen Leistungen.

1) S. oben 91.



Druck von L. Schumacher in Berlin N. 24.

