

III.

Experimentelle Untersuchungen über die Functionen des Gehirns.

Von Prof. H. Nothnagel in Jena.

V. Abtheilung.

Die nachstehenden Mittheilungen bilden die Fortsetzung einer Versuchsreihe, die ich am Gehirn angestellt und im 57., 58., 60. und 62. Bande dieses Archivs veröffentlicht habe. Auch dieses Mal diene als Object ausschliesslich das Kaninchen. Schon einige Male habe ich bei früherer Gelegenheit betont dass ich die Mängel durchaus nicht verkenne, welche sich aus der vergleichsweise niedrigen Organisation des Kaninchenhirns ergeben. Trotzdem bin ich auch jetzt noch aus zwei Gründen bei diesem Thiere stehen geblieben. Einmal weil ich jetzt bereits an mehreren hundert Kaninchen operirt habe und die relative durch die Uebung gewonnene Sicherheit als einen nicht zu unterschätzenden Vortheil für den Arbeitenden erachte; dann weil ich mir eine gleich grosse Anzahl von Hunden nicht verschaffen konnte, und es ist doch selbstverständlich, dass die Zuverlässigkeit der gewonnenen Thatsachen mit der Zahl der Versuche und der wachsenden Mannichfaltigkeit in ihrer Anordnung in gleichem Verhältnisse zunimmt.

Gegenstand der Prüfung war diesmal

Das Cerebellum.

Vor Allem kam es mir darauf an, durch die Zerstörung möglichst kleiner Partien und bei einem Versuchsverfahren, welches das längere Ueberleben des Thieres gestattete, einen Einblick in die etwaigen, durch solche theilweisen Zerstörungen herbeigeführten Anomalien zu gewinnen. Ausserdem wollte ich sehen, ob das Cerebellum mechanisch reizbar wäre.

Nach einem einfachen Hautschnitt und partieller Muskeldurchschneidung, um den knöchernen Schädel an der beabsichtigten Stelle ganz blosszulegen, wurde ein kleines Loch in den Knochen

gebohrt, eben hinreichend gross um einer dünnen Mikroskopirnadel oder einer ganz dünnen Stricknadel den Durchtritt zu gestatten. Nach diesem Eingriff tritt, wie ich mich oft genug überzeugt habe und hier besonders hervorhebe, nicht die mindeste Störung ein. Zuweilen fliesst eine geringe Menge Cerebrospinalflüssigkeit ab — auch dies blieb ohne jeden Effect. Blutungen begegneten mir nicht oft, man lernt sehr schnell die Sinus zu vermeiden. Tritt eine solche ein, so besteht die beste Blutstillungsmethode darin, dass man einfach einen Schwamm so lange gegen die Oeffnung drückt, bis die Blutung steht. Nur 3 oder 4 Male fand sich danach post mortem ein (nebenbei ganz unbedeutender) Erguss an der Oberfläche des Cerebellum, niemals bis an die Basis des Pons reichend oder gar im 4. Ventrikel sitzend. Um indess vollständig sichere Resultate zu erreichen, habe ich diese wenigen Versuche ganz ausgeschaltet. Die Fehlerquelle also, welche in solchen Blutungen liegt und die Schiff¹⁾ mit Recht besonders betont, kommt für meine Versuche nicht in Betracht.

Die beiden Methoden, deren ich mich früher zu der Zerstörung kleiner Partien des Grosshirns bedient habe, entweder die Injection von Chromsäure oder die einfache blutige Zertrümmerung einer umgrenzten Stelle, sind beim Cerebellum nicht mit Erfolg zu verwenden. Allerdings gelingt ab und zu ein Versuch, indess hiess das überwiegende Missglücken doch sich nach einem anderen Verfahren umzusehen. Sehr häufig nemlich floss, da man hier in der gefährlichen Nachbarschaft des Pons und der Medulla oblongata sich befindet, etwas Chromsäure in den 4. Ventrikel ab und der Tod erfolgte unter Convulsionen. Oder bei der einfachen blutigen Zerstörung ergoss sich in Folge der dabei eintretenden Blutung etwas Blut zwischen die Gyri; offenbar müssen dadurch fernwirkende Druckverhältnisse bedingt werden, welche die Reinheit der Beobachtung trüben. Dagegen gelangte ich zu durchaus befriedigenden Ergebnissen bei folgendem Verfahren:

Durch das kleine Bohrloch im Schädel wird eine glühend gemachte feine Mikroskopirnadel eingeschoben. Durch beliebig zu handhabendes Vorschieben der Nadelspitze in die Tiefe beziehungsweise leichte Drehungen nach den Seiten kann man Heerde erzeugen, deren Lage in der Tiefe und deren Grösse man vollständig in

¹⁾ Lehrbuch der Muskel- und Nervenphysiologie. Lahr 1858—1859. S. 356.

der Hand hat. Man kann sie einrichten von der Grösse eines Stecknadelkopfes bis zur Zertrümmerung einer ganzen Hemisphäre. Von Blutungen — falls man nicht ungeschickterweise einen Sinus zerreisst, was sehr leicht zu vermeiden ist — ist bei diesem Verfahren gar keine Rede. Und die im späteren Verlauf eintretende Encephalitis in der Umgebung erschien mir sogar noch geringer als selbst bei der Chromsäure. Und so gelingt es denn auf diese Weise, ganz partielle schrittweise Zerstörungen verschieden grosser Partien des Cerebellum vorzunehmen und die etwaigen durch ihren Ausfall herbeigeführten Functionsanomalien zu studiren. —

Die mechanische Reizung, ohne umfänglichere Zerstörung, wurde durch die einfache Einführung einer (nicht glühenden) Mikroskopiradel bewirkt, welche einen ganz feinen Stichkanal erzeugt, deren Eindringen in die Tiefe und seitliche Richtung man natürlich auf das leichteste bestimmen kann. In ähnlicher Weise haben auch Leven und Ollivier operirt¹⁾, nur geschah die Schädeldurchbohrung und Nadeleinführung bei ihnen mit demselben Instrument. Wie bei den Operationen am Grosshirn wurden auch hier die Thiere weder gefesselt noch narkotisirt.

Da über einzelne Theile des Cerebellum bereits grössere und — was wichtiger ist — in ihren wesentlichen Ergebnissen übereinstimmende Versuchsreihen vorliegen, so habe ich diese nicht in den Kreis meiner Versuche gezogen. Es sind dies vor Allem die Kleinhirnschenkel, über die seit Magendie bis auf die jüngsten Arbeiten von Hitzig²⁾ und Curschmann³⁾ alle Beobachter insoweit übereinstimmen, dass ihre Verletzung die bekannten Zwangslagen, beziehungsweise Zwangsbewegungen und vielleicht — doch herrscht bekanntlich über diesen Punkt keine Harmonie — Abnormitäten in der Augenstellung nach sich zieht. Auch die Flocke, über welche Hitzig neuerdings experimentirt hat, und welche beim Kaninchen in einer knöchernen Kapsel isolirt liegt, habe ich ganz unberücksichtigt gelassen.

Ich theile jetzt zuvörderst die Versucherserscheinungen mit, und

¹⁾ Arch. génér. 1862. Novbr. etc.

²⁾ Untersuchungen zur Physiologie des Kleinhirns; in Untersuchungen über das Gehirn. Berlin 1874. S. 261.

³⁾ Deutsches Archiv für Klinische Medicin. Bd. XII.

gruppire dieselben in zwei Abtheilungen, je nachdem einfache Nadelstiche oder grössere Cauterisationszerstörungen vorgenommen wurden.

a) Einfache Verletzungen des Cerebellum durch Nadelstiche.

Sticht man dem nach Anfertigung des Bohrloches ruhig darsitzenden Thiere die Nadel von oben (hinten) her in den Wurm oder in eine Hemisphäre des Cerebellum, aber nicht so tief, dass die Spitze bis in die Kleinhirnschenkel vordringt — die genauere Localisation der Stichstellen wird später gegeben werden — so ist Folgendes zu beobachten:

Der Kopf dreht sich nach der entgegengesetzten Seite, d. h. war links operirt nach rechts; die Wirbelsäule verkrümmt sich dergestalt, dass sie nach der entgegengesetzten Seite concav ist, bald nur in geringem Grade, so dass die Krümmung nur eben zu bemerken ist, bald so stark dass die Schnauze fast den Hintertheil des Rumpfes berührt. Versucht man die Wirbelsäule grade zu stellen, so verspürt man einen deutlichen Widerstand. Die Vorderextremität auf der operirten, auf derselben Seite (d. h. war links operirt, die linke Vorderpfote) wird erhoben, so dass die Zehen in der Höhe der Schnauze oder selbst des Auges sich befinden. Entweder wird sie dann ruhig in dieser Stellung gehalten, wobei sie zuweilen in leichtes Zittern geräth, oder sie vollführt eine Reihe tappender Bewegungen, wobei der Fuss rhythmisch in gleichmässigem Tempo auf den Tisch niedergesetzt und wieder erhoben oder auch in der Luft schwebend flectirt und extendirt wird. An der Hinterpfote habe ich keine Bewegungen beobachten können. Die Muskeln des Gesichts, und zwar ebenfalls auf der Operationsseite, also wieder nicht gekreuzt, gerathen in starke Contraction, so dass die betreffenden Zahnreihen entblösst werden; der Orbicularis palpebrarum wird contrahirt, so dass sich die Lidspalte mehr oder weniger selbst bis zum vollständigen Verschluss verengert. Die Zunge wird in eigenthümlich spastischen Bewegungen, und zwar so weit es sich beobachten lässt, hauptsächlich nach der operirten Seite zu, hin und her bewegt. Der Unterkiefer wird vom Oberkiefer entfernt und wieder angedrückt, so dass das Thier kauende Bewegungen vollführt. — Ausdrücklich bemerke ich, dass ich bei allen diesen Versuchen niemals Nystagmus und abnorme Augenstellungen gesehen habe.

Das soeben geschilderte Bild ist indess nicht immer in dieser Vollständigkeit zu beobachten; der eine oder der andere Zug kann zuweilen fehlen. Am constantesten erscheinen zusammen die Verkrümmung der Wirbelsäule, die spastischen Bewegungen des Vorderbeines und die Facialisverzerrung, zuweilen auch nur zwei von diesen zusammen. Dabei kann es weiter noch vorkommen, dass die Facialiscontraction sehr stark, die Wirbelsäulendeviation und das Tappen mit der Vorderpfote ziemlich schwach ist, oder umgekehrt. Ich will hier alsbald vorweg bemerken, dass ich nicht darüber in's Klare gekommen bin, wie die Localisation* des Stiches beschaffen sein muss um vorwiegend die eine oder die andere Erscheinungsreihe zu erzeugen.

Die Aufeinanderfolge der einzelnen Erscheinungen wechselt ebenfalls zuweilen. Meist allerdings ist das erste die Verkrümmung der Wirbelsäule, darauf folgt die Facialisverzerrung, dann das Tappen und die Bewegungen der Zunge und Kiefer. Beachtenswerther indess dürfte das zeitliche Verhalten bezüglich des Anschlusses an den Reiz des Stiches sein.

Man sieht allerdings zuweilen unmittelbar nach erfolgtem Einstich die Wirbelsäule sich verkrümmen. Aber diese Verkrümmung erfolgt nicht mit einem plötzlichen Ruck, wie z. B. bei Verletzung des Pons die allgemeinen Convulsionen ausbrechen, vielmehr allmählich und stufenweise steigert sie sich bis zu dem im concreten Fall erreichten Maximum. Und ebenso oft oder noch öfter vergehen einige Secunden, selbst bis zu einer Viertel- oder Halb-Minute, ehe die Verkrümmung anfängt; und bis zum Einsetzen der anderen angegebenen-Phänomene ist diese Zeitdauer sogar die Regel.

Alle Erscheinungen währen nach dem Stich nicht länger wie insgesamt $1\frac{1}{2}$ bis 2 Minuten, zuweilen viel kürzer; nur ausnahmsweise hält eine leichte Facialisverzerrung oder Wirbelsäulenverkrümmung noch längere Zeit an, 5 bis 10 Minuten. Dann befindet sich das Thier wieder wie vorher, und lässt man es auch noch so lange leben, so verräth nicht die mindeste Erscheinung, dass sein Cerebellum verletzt worden ist.

Hiermit sind in manchen Fällen die Vorgänge abgeschlossen, in anderen dagegen kann man im Anschluss hieran noch eine neue Erscheinungsweise beobachten, die sich folgendermaassen darstellt:

Nachdem 2 bis 3 Minuten vergangen und die geschilderten Be-

wegungen abgelaufen sind, wiederholen sich dieselben noch einmal, aber jetzt mit Umkehrung der Seiten. War also links gestochen, so dreht sich jetzt die anfänglich nach rechts concave Wirbelsäule so, dass die Concavität nach links gerichtet ist; die rechte Vorderpfote macht die spastischen Bewegungen, der rechte Facialis verzerrt sich u. s. w. Die Zeitdauer und die Intensität dieser, den primären anderseitigen qualitativ ganz analogen, Bewegungen ist entweder wie ursprünglich, oder häufig etwas geringer, seltener etwas stärker.

Endlich glückte es mir einige Male den Wurm gerade in der Medianlinie zu treffen. Ganz überraschend waren die dadurch producirten Erscheinungen. Während nemlich die Wirbelsäule ohne jede Abweichung gerade blieb, wurden beide Vorderpfoten gleichzeitig erhoben, so dass das Kaninchen eine Stellung zeigte, wie sie dieses Thier beim Putzen der Schnauze innehält; beide Faciales verzerrten sich gleichzeitig, so dass die ganzen Zahnreihen entblösst waren, beide Augen schlossen sich gleichzeitig. Auch diese Phänomene verschwinden nach kurzer Zeit, ohne irgend welche Spuren zu hinterlassen. —

Wir wenden uns jetzt zur anatomischen Bestimmung der Regionen, deren Verletzung die vorstehend geschilderten Symptome nach sich zieht:

Ich habe weit über 100 Male in der angegebenen Weise die verschiedenen Punkte des Cerebellum von oben (hinten) her verletzt. Trotz dieser sorgfältigen Absuchung des Terrains ist es mir nicht gelungen, zu ganz genauen Bestimmungen zu kommen. Nur im Allgemeinen kann ich Folgendes sagen. Am wirksamsten erschien mir die Verletzung der vorderen oberen zwei Drittheile des Wurms, der grösste Theil der Hemisphärenoberfläche, und namentlich die Verletzung der sagittalen Einsenkung, welche sich jederseits zwischen Wurm und Hemisphäre findet. Ob die periphersten Partien des Cerebellum wirksam seien, kann ich weder bejahen noch verneinen, da dieselben für direct auf sie gerichtete Nadelstiche sehr schwer zugänglich sind wegen der sie bedeckenden Sinus oder wegen der unmittelbaren Nähe des 4. Ventrikels, Umstände, welche die Untersuchung fast unmöglich machten. Innerhalb der angegebenen Partie kann scheinbar — bestimmter wage ich mich nicht auszusprechen — die Verletzung jeder einzelnen Stelle die eigenthüm-

lichen Bewegungen auslösen. Ich konnte mich nicht mit Sicherheit davon überzeugen, dass der Wurm vor den Hemisphären in dieser Beziehung einen Vorzug hätte oder umgekehrt. Ebenso gelang der Versuch sowohl bei ganz oberflächlichen Stichen, die höchstens $1\frac{1}{2}$ bis 2 Mm. eindringen, wie bei tieferen. Niemals aber habe ich die Stiche absichtlich bis in die Kleinhirnschenkel geführt; gerieth ich einmal zufällig bis in dieselben, so bekam ich — um dies hier nebenbei anzuführen — die bekannten Zwangslagen und Rollbewegungen um die Längsaxe und auch die schon oft beschriebenen Abweichungen in der Augenstellung.

Dabei darf ich aber nicht unterlassen zu bemerken, dass zuweilen die Verletzung anscheinend einer und derselben Stelle, die das eine Mal die exquisitesten Bewegungen auslöst, das andere Mal ganz wirkungslos bleibt. Diese Wirkungslosigkeit ist die Ausnahme, aber sie kommt vor. Gegenüber der ganz überwiegenden Constanz im Gelingen des Versuches, dergestalt, dass man ihn zu jeder Zeit demonstrieren kann, ist es mir nicht zweifelhaft, dass es sich bei den wirkungslosen Stichen doch um Versuchsfehler handeln muss, entweder ist der Stich an der betreffenden Stelle nicht tief genug gegangen oder dergleichen. Indessen kann ich zur Stunde noch keine genügende Aufklärung für diese seltenen Abweichungen geben.

b) Theilweise Zerstörungen des Cerebellum.

Wird durch das Bohrloch eine glühende Nadel eingeführt und durch Hin- und Herdrehen derselben je nach der Einführungsstelle der Wurm oder die Hemisphäre zerstört, so zeigen sich zunächst dieselben Bewegungen wie bei der Herstellung eines einfachen Nadelstiches.

In einer grossen Versuchsreihe habe ich nun folgende Zerstörungen erzeugt:

- 1) kleine Herde von Stecknadelkopfgrosse an verschiedenen Stellen der Hemisphäre;
- 2) Herde, welche eine ganze Hemisphäre einnahmen;
- 3) Herde, welche beide Hemisphären gleichzeitig betrafen;
- 4) kleine Herde an verschiedenen Stellen des Wurmcs, vorn und hinten (d. h. mit Rücksicht auf die Längsaxe des Thieres), seitlich und in der Mitte;

5) Herde, welche den grössten Theil des Wurmcs etwa in seiner vorderen Hälfte einnahmen.

Ich liess die Thiere mit diesen Verletzungen eine Reihe von Tagen leben; dann wurden sie getödtet und Ort und Ausdehnung der Verletzung festgestellt.

Die Erscheinungen, welche so verletzte Thiere, sei es in Betreff der Motilität, sei es der Sensibilität, sei es in ihrem ganzen Verhalten, darboten, waren — absolut null. Sie verhielten sich durchaus wie unverletzte und ganz normale. In all diesen Versuchen war immer der Wurm oder die Hemisphäre jederseits allein betroffen, nicht beide gleichzeitig in der Art, dass die Verbindung zwischen Wurm und einer Hemisphäre in der Tiefe unterbrochen gewesen wäre. Ebenso war der weisse Faserzug, welcher an der Basis der Hemisphäre aus der Vereinigung der drei Kleinhirnschenkel und des Flockenstieles entsteht und bei dem Kaninchen auf einem Horizontalschnitt als breiter weisser Zug den Hintertheil des Wurmcs von einer Seite zur anderen quer durchsetzt, entweder ganz unversehrt oder nur ganz leicht noch in minimaler Ausdehnung mit lädirt. —

Waren alle diese Heerde ohne jedes positive, wenigstens ohne jedes erkennbare Symptom, so zeigte sich dagegen bei bestimmten — nachher zu nennenden — Läsionen ein ganz charakteristisches Bild mit ausgeprägten Störungen. Da in einzelnen Zügen sich kleine Abweichungen herausstellten, so will ich zunächst einige Versuche im Detail als Paradigmata schildern.

Experiment a. Grosses graues Kaninchen. Zweimaliges Eingehen hintereinander mit der glühenden Nadel durch dasselbe Bohrloch in die rechte Hemisphäre. Beim ersten Eingehen neigt sich das Thier im Momente auf die rechte Seite hinüber, doch ist die Wirbelsäule dabei grade. Dieselbe Neigung erfolgt, als die Nadel zum zweiten Mal, aber jetzt ein wenig tiefer eingeführt wird, doch wird dabei die Wirbelsäule zugleich nach links concav verbogen. Sonstige spastische Phänomene nicht mit Sicherheit festzustellen. Nach einigen Minuten auf den Boden gesetzt, kann sich das Thier nach allen Richtungen hin frei bewegen.

Am folgenden Morgen folgendes Bild: Wirbelsäule nach links concav verkrümmt, Kopf mit der Schnauze nach links gerichtet, in der Horizontalaxe jedoch nach rechts geneigt. Anscheinend allgemeine Hauthyperästhesie. Bringt man das Thier durch Hautreize zum Laufen, so rennt es immer in einer nach links gerichteten Kreistour, entgegengesetzt der Richtung des Uhrzeigers. Die Hinterbeine werden beim Laufen leicht nachgeschleppt.

Zwei Tage lang wurde — aus zufälligen Gründen — das Thier nicht beobachtet. Dann wieder vorgenommen, zeigt es folgendes Bild:

• Das Kaninchen liegt entweder lang ausgestreckt oder sitzt mit ganz ungeschickter regelloser Haltung der Beine. Wirbelsäule hinten grade, im Halstheil nach links concav, der Kopf wie neulich in der Horizontalaxe nach rechts geneigt, in der Längsaxe mit der Schnauze nach links gerichtet. Auch wie neulich noch anscheinende Hauthyperästhesie. Am Facialis nichts Besonderes zu bemerken.

Wenn der Kopf nicht auf einer Unterlage ruht, sondern activ oder passiv erhoben, d. h. in die übliche Haltung gebracht wird, so schwankt er in stark schüttelnden, wackelnden Bewegungen hin und her, namentlich von einer Seite zur anderen. Durch starkes Kneifen des Schwanzes zum Laufen angeregt — denn von selbst bewegt es sich nicht fort — fällt das Thier bald auf die eine, bald auf die andere Seite, wobei der ganze Rumpf stark hin und her schwankt so lange, bis es endlich ruhig auf dem Bauch liegt oder überhaupt in eine Gleichgewichtslage kommt, wobei die Extremitäten bald normal stehen, bald regellos nach allen Seiten hin liegen. Der Versuch zu laufen wird durch das sofort eintretende starke Schwanken, Schütteln, Hin- und Herwerfen unmöglich gemacht. Von einer eigentlichen Lähmung ist nichts zu constatiren, denn alle Bewegungen sind möglich.

Autopsie: Keine Meningitis, keine Spur von Hämorrhagien um das Cerebellum herum. An der Oberfläche zeigt sich die ganze rechte Hemisphäre zerstört, doch ist die Destruction hier auf sie allein beschränkt; nach hinten und aussen ist noch der Anfangstheil der Flockeneinstrahlung mitbetroffen. Auf Horizontalschnitten zeigt sich, dass der Cauterisationsheerd mit Ausnahme einer minimalen peripheren Schicht die ganze Hemisphäre einnimmt. Nach innen, medianwärts greift derselbe noch ein wenig auf den Wurm über, so dass die nach rechts gekehrte laterale Partie desselben mit zerstört ist.

Experiment b. Kleines Thier. Cauterisation der linken Hemisphäre. Wegen ziemlich starker Sinusblutung, welche Stillung erforderte, konnten die Erscheinungen im Momente der Zerstörung selbst nicht beobachtet werden. Unmittelbar nach der Operation bietet das Thier nichts Abnormes dar.

Am nächsten Tage folgendes Bild, welches schon einige Stunden nach der Operation, wie mir berichtet wird, begonnen hat: das Thier sitzt ganz regellos, die Extremitäten liegen in den allerverschiedensten Positionen bunt durcheinander. Sehr häufig treten spastische, tonische Zuckungen in den Vorderbeinen auf, mehr im rechten als im linken. Diese steigert sich öfter zu einer starken und vollständigen tonischen Streckung der Vorderbeine, so dass das Thier mit hochaufrichtetem Vorderkörper auf den Hinterbeinen ruht, den Rücken dabei katzenbuckelförmig gekrümmt. Dazu kommt dann noch weiter zuweilen eine stossweise tetanische Streckung des Rückens, so dass sich das Thier direct nach hinten überschlägt. Seltener tritt zu der tonischen Streckung der Vorderbeine eine ebensolche der Hinterextremitäten, so dass das Thier mit katzenbuckelförmig gekrümmtem Rücken hoch auf allen 4 Extremitäten steht. In dieser Stellung tritt sehr starkes Schwanken des ganzen Körpers ein. Das Laufen ist dabei unmöglich. Von selbst

macht das Thier überhaupt keinen Versuch dazu; wird es gereizt, z. B. durch Kneifen des Schwanzes, so wird es etliche Schritte schwankend vorwärts geschleudert und fällt dann wieder mit regelloser Lagerung der Extremitäten hin. Sensibilitätsstörungen sind nicht zu constatiren.

Autopsie: Keine Meningitis. Der Befund ist ganz wie im Experiment a, nur mit Umkehrung der Seiten, d. h. die linke Hemisphäre zerstört u. s. w., nur ist die Flockeneinstrahlung ganz unladirt. Dagegen kommt noch folgende weitere Zerstörung hinzu: der weisse Faserzug, welcher aus der Vereinigung der Kleinhirnstiele entsteht und den Wurm in seinem hinteren Abschnitt in der Mitte quer durchsetzt, ist ebenfalls bis an die rechte (gesunde) Hemisphäre reichend mit zerstört.

Am häufigsten kehrte in dieser Gruppe von Versuchen das Bild wieder, welches ich in dem Paradigma a skizzirt habe. Der auffälligste und am meisten charakteristische Zug desselben ist zuvörderst ein sehr starkes Schütteln und Schwanken des Kopfes und Rumpfes, sobald dieselben nicht fest unterstützt sind, nicht platt dem Boden aufliegen. Es macht den Eindruck als befinde sich das Thier, sobald es in der gewöhnlich von dem Kaninchen eingenommenen Stellung sitzt, im Zustande des labilen Gleichgewichts. Wenn man es recht vorsichtig und langsam hinsetzt und loslässt, so gelingt es allerdings ihm die normale Stellung zu geben, ohne dass Schwanken eintritt. Geschieht aber dieses Hinsetzen auf dem Boden schneller, so dass das Thier vermittelt der eigenen Muskelleistung sich in die richtige Gleichgewichtsstellung bringen muss, oder werden gar active Fortbewegungsversuche gemacht, dann tritt das Schwanken und Schütteln mehr oder weniger stark hervor. Dasselbe zeigt sich am Kopf und am Rumpf, bald an diesem bald an jenem überwiegend. Der Intensitätsgrad variirt; zuweilen schwankt der Kopf hin und her wie ein Pendel, und ebenso der Rumpf bis endlich Ruhe eintritt. Dieses Schwanken und Schütteln des Kopfes und des Rumpfes kann bestehen, wie einzelne Versuche lehrten, ohne dass die Extremitäten etwas Besonderes zeigen.

Die Bewegungsmöglichkeit der Extremitäten ist stets vorhanden, nie habe ich eine eigentliche Paralyse derselben gesehen. Dagegen zeigen sich in den ausgeprägteren Fällen andere Anomalien in denselben. Die Beine werden nemlich regellos durcheinander gebracht, wenn das Thier springt. Bald kommt eins oder zwei richtig zu liegen und die anderen falsch, oder sie werden alle anomal gehalten.

ten, nach innen oder nach aussen abweichend, gebeugt oder gestreckt, mit dem Fussrücken oder der Sohle aufgesetzt, gar nicht selten dergestalt, dass sie dem Rumpfe keine Stütze darbieten und das Thier platt mit dem Bauche der Unterlage aufliegt.

Es ist schwer sich zu überzeugen, ob die Thiere in diesem hochgradigsten Zustande spontanes Fortbewegungsvermögen besitzen; dass sie freiwillig — allerdings immerhin ungeschickt — sich bewegen, wenn die Erscheinungen weniger intensiv sind, davon habe ich mich öfter überführt.

Die psychischen Functionen, soweit eine Beurtheilung möglich ist, schienen intact. Ueber die Sensibilitätsverhältnisse ist es bekanntlich sehr schwer bei Kaninchen ein sicheres Urtheil zu gewinnen. Zuweilen schien eine ziemlich bedeutende Hauthyperästhesie vorhanden zu sein; öfter war die Sensibilität normal; sicherlich bestand nie ein stärkerer Grad von Anästhesie.

Dieser Gestalt sind die Erscheinungen am häufigsten, wenn die alsbald zu beschreibenden Läsionen gemacht sind. Nur ausnahmsweise und in wenigen Versuchen hat sich mir das Bild so dargestellt, wie ich es in Exp. b geschildert habe.

In diesen letzteren Versuchen bestand zuvörderst eine Uebereinstimmung mit dem Paradigma a insofern, als auch hier die ganz regellose Lagerung der Extremitäten und das starke Schwanken und Schütteln des Rumpfes und Kopfes wiederkehrte. Daneben aber traten ausgeprägte spastische Phänomene hervor in der Art wie sie im Paradigma b beschrieben sind. Ich habe gerade den obigen Versuch als Muster ausgewählt, weil er zugleich eine Illustration liefert für die vielberufene Angabe, dass bei Verletzungen des Kleinhirns ein „Rückwärtslaufen“ eintrete. Schiff, dessen Lehrbuch der Muskel- und Nervenphysiologie eine wahre Fundgrube richtiger und feiner Experimentalbeobachtungen ist, hat diese Angabe schon genügend kritisirt. Er hat vollständig¹ recht, dass dieses angebliche „Rückwärtslaufen“ nur eine ganz ausnahmsweise Erscheinung ist, vollständig ferner recht, dass nie von einem eigentlichen regelmässigen Rückwärtsgehen die Rede sein kann, dass es sich vielmehr um eine durch die tonische Streckung der Vorderbeine bedingte Veränderung der Gleichgewichtslage und wie aus dem obigen Versuch hervorgeht, selbst um ein wirkliches so zu Stande gekommenes Hintenüberschlagen handelt. Dagegen kann ich das eine der beiden Momente,

welche Schiff als die Ursache dieser ausnahmsweisen Erscheinung ansieht, nemlich die Blutung bei der Operation, welche einen anfangs reizenden Einfluss auf das Mittelhirn ausüben soll, nicht gelten lassen; denn wie ich bereits oben angegeben habe, sind die Versuche mit zufälliger complicirender Blutung von mir ganz ausgeschlossen. Und auch die Bedeutung, welche Schiff der Durchschneidung der Nackenmuskeln beilegt, erscheint mir recht zweifelhaft, einmal weil ich in einem Versuch, in dem das Phänomen eintrat, die Nackenmuskeln gar nicht durchschnitten habe, und dann weil es in sehr vielen mit Durchschneidung der Nackenmusculatur nicht eintrat.

Die spastische Streckung der Extremitäten war nicht eine continuirliche, sondern sie trat mehr stossweise ein, namentlich bei Geräuschen, beim Klopfen auf dem Tisch u. s. w., um in der Ruhe wieder nachzulassen.

Da diese spastischen Erscheinungen in einer grossen Versuchsreihe nur ausnahmsweise (4 Male) beobachtet wurden, so bin ich geneigt, ebenso wie Schiff, sie nicht mit der Verletzung des Kleinhirns als solches im Zusammenhang zu bringen, sondern sie als complicirende anzusehen, wenn ich auch nicht im Stande bin anzugeben, welchen complicirenden Verhältnissen sie ihre Entstehung verdanken. Jedenfalls darf man aber wohl die Erscheinung des Rückwärtsgehens als einer Zwangsbewegung nach Kleinhirnverletzungen streichen.

Die anatomische Localisation der Zerstörungen, welche die vorstehend geschilderten Erscheinungen, speciell des Schüttelns und Schwankens und der regellosen Extremitätenlagerung, nach sich zogen, war folgende:

Immer handelte es sich dabei um tiefer, mehr im Innern des Kleinhirns gelegene Heerde. Selbstverständlich können diese nur mit gleichzeitiger Verletzung der mehr oberflächlichen Partien bewerkstelligt werden; da aber letztere allein stets unwirksam blieb, so ist der Schluss gerechtfertigt, dass eben die tiefere Zerstörung das Wirksame ist. Bei derselben war nun stets Hemisphäre und laterale Wurmpartie gleichzeitig betroffen. Zuweilen war auch der bereits oben erwähnte weisse Faserzug, welcher den Wurm in seinem hinteren Abschnitt durchsetzt, mit zerstört, doch war dies nicht constant, und ich kann deshalb nicht behaupten,

dass dessen Mitbetheiligung nothwendig sei. Die wirksamen Heerde sassen da, wo Wurm und Hemisphäre mehr rückwärts (spinalwärts, in der Richtung gegen den Schwanz zu) aneinanderstossen.

Analyse der Versuche.

Einer Erörterung meiner Versuchsergebnisse muss ich zunächst einen kurzen Ueberblick dessen, was bis jetzt über das Cerebellum in physiologischer Beziehung bekannt ist, vorausschicken. Ich werde möglichst kurz sein dabei. Indessen will ich eine solche historische Andeutung des Wichtigsten nicht ganz umgehen, um den Leser in den Stand zu setzen ohne Weiteres vergleichen zu können, was die vorstehenden Versuche etwa Neues bringen, oder in wie weit sie nur eine Bestätigung bereits bekannter Dinge sind oder umgekehrt mit einer bisherigen Anschauung in Widerspruch stehen. Ausdrücklich bemerke ich, dass ich die pathologischen Erfahrungen hierbei ganz unberücksichtigt lassen, vielmehr nur das berühren werde, was das physiologische Experiment an Erkenntniss geschaffen hat. Da ich ferner, wie bereits Eingangs dieses Aufsatzes mitgetheilt, bei meinen Versuchen an den Kleinhirnschenkeln unmittelbar, d. h. soweit sie anatomisch gesonderte Gebilde darstellen, nicht gearbeitet habe, so kann ich auch die darauf bezüglichen Angaben umgehen, womit allerdings ein beträchtlicher Theil der Cerebellumliteratur überhaupt für uns fortfällt.

Bei Longet¹⁾ finden sich zwei Sätze, welche dieser Forscher sowohl auf seine eigenen wie auf die Versuche anderer Beobachter, Flourens²⁾, Magendie, Bouillaud, Hertwig u. s. w. stützt. Sie lauten: „Das kleine Gehirn ist gegen unsere gewöhnlichen Reizmittel unempfindlich“. „Künstliche Reizung des kleinen Gehirns erregt keine Zuckungen“ — wohlverstanden, ist hier wieder von den Kleinhirnschenkeln abgesehen. Auch Schiff (l. c. S. 362) äussert sich: „Dass Reizung . . . des kleinen Gehirns keine Spur von Zuckung in allen freien Körpermuskeln hervorruft, kann ich nach der Angabe vieler Forscher bestätigen“.

¹⁾ Anatomie und Physiologie des Nervensystems, übers. v. Hein. 1847. Bd. I. S. 591 u. 592.

²⁾ Flourens, Recherches expérim. sur les propriétés et les fonctions du système nerveux 1842. p. 21: „Le cervelet n'excite point non plus immédiatement des contractions musculaires“.

Dem gegenüber hat Ferrier neuerdings gefunden, dass bei electrischer Reizung verschiedener Punkte der Cerebellaroberfläche abnorme Augenstellungen auftreten, und sucht demgemäss im Kleinhirn ein Coordinationscentrum für die Augenmuskulatur. Hitzig indess (l. c. S. 266 Anmerkung) weist auf die bedeutende Stromintensität hin, welche Ferrier bei diesen Versuchen in Anwendung gebracht, und die darin gelegene Fehlerquelle; ich selbst muss mich beim Mangel eigener analoger Controllversuche eines Urtheils in dieser Beziehung enthalten. Doch hat Hitzig selbst bei seinen mit den nöthigen Cautelen angestellten electrischen Reizungsversuchen am Cerebellum (Wurm und sagittale Furche zwischen Wurm und Hemisphäre des Kaninchens) ebenfalls Augendrehungen beobachtet; „auch die mechanische Reizung der gleichen Theile mit der Spitze einer lancettförmigen Präparirnadel führte zu zuckenden Bewegungen beider Augen“. Weitere „Verletzungs-, Durchschneidungs- und Exstirpationsversuche“ am Kleinhirn wurden dann von Hitzig angestellt, doch theilt er ihre Ergebnisse nur summarisch mit. Wenn tiefgehende Schnitte, die eine Hemisphäre der Art trennten, dass ihre Verbindungen mit dem mittleren und hinteren Schenkel zum grösseren Theil unterbrochen sein mussten, so rotirten die Thiere mit rasender Vehemenz nach der verletzten Seite. Bei „kleineren Verletzungen“ lassen sich die Thiere die Seitenlage des Rumpfes gefallen. Bei „grösseren Zerstörungen“ kann eine Serie von zwangsmässigen Aenderungen der Normalhaltung eintreten, am häufigsten der Art, dass sich das Thier aus jeder ihm mitgetheilten Lage auf die verletzte Seite wirft. Hitzig macht keine detaillirteren Angaben über die Ausdehnung und Tiefe der Verletzung. Man kann indess wohl annehmen, dass bei allen diesen letzteren Versuchen die basalen Schichten der Hemisphäre, speciell die mittleren Kleinhirnschenkel mitbetroffen waren. Und da ich absichtlich gerade mit möglichster Vermeidung dieser gearbeitet habe, so habe ich diese Zwangslagen und Zwangsbewegungen, wie aus dem Obigen sich ergibt, nie gesehen. Die letztgenannten Hitzig'schen Versuche kann ich deshalb bei einem Vergleich mit dem Ergebniss der meinigen übergehen. — Leven und Ollivier haben einige Versuche nach derselben Methode angestellt wie ich und zum Theil dieselben Resultate erhalten: auch sie verletzten das Cerebellum einfach mit einer Nadel. In einzelnen Versuchen fehlen genaue Angaben über

die Localisation der Läsion. Zeigten sich Rotationsbewegungen, so waren wohl sicher in irgend einer Weise die Kleinhirnschenkel mitbetroffen; diese Annahme ist mir nach meinen vielfachen Versuchen zweifellos. Abweichend von meinen Ergebnissen fanden sie zuweilen Strabismus; ging hier die Verletzung auch tiefer bis in die Crura? Uebereinstimmend mit mir beobachteten sie die Krümmung der Wirbelsäule und des Kopfes. Die übrigen von mir angegebenen spastischen Bewegungen fehlen bei ihnen.

Seit den ersten berühmten Publicationen von Flourens ist es eine von allen Beobachtern bestätigte Thatsache, dass nach Entfernung des kleinen Gehirns bei Warmblütern — und bei Kaltblütern, wie Goltz ¹⁾ angiebt — die willkürlichen Bewegungen noch möglich sind, aber ungeordnet, schwankend, unsicher werden: Flourens schrieb bekanntlich danach dem Cerebellum eine coordinirende, regulirende Einwirkung auf die Gang-, Flug-, Schwimmbewegungen u. s. w. zu.

Flourens selbst giebt an, dass bei der allmählichen Abtragung des Kleinhirns „par couches successives“ diese Coordinationsstörungen um so intensiver geworden seien, je tiefer die Abtragung vorgeschritten sei. Genauere Angaben über den Modus der Operation finde ich in seinem citirten Hauptwerke nicht; es scheint, dass er stets das Cerebellum durch Horizontalabschnitte abgetragen hat, die immer Schichten von Wurm und Hemisphären zugleich entfernten. Auf die Thatsache sich stützend, die auch R. Wagner ²⁾ angiebt, dass nemlich nach nur partiellen oberflächlichen Abtragungen die „Coordinationsstörungen“ wieder schwinden, nimmt Schiff an, dass nicht die Zerstörung des Kleinhirns selbst diese Bewegungsanomalien herbeiführe, sondern dass eine operative Verletzung des Kleinhirns ihre mechanische Wirkungen — die dann eben bei nicht zu tiefer Verletzung vorübergehend sein können — auf noch tiefer gelegene Theile fortpflanze und dadurch den eigenthümlichen Symptomencomplex hervorrufe. Als diese tieferen Theile betrachtet Schiff die vom (mittleren) Kleinhirnschenkel einstrahlenden Fasern. Die weitere Ausführung der Schiff'schen Ansicht gehört nicht hierher.

¹⁾ Beiträge zur Lehre von den Functionen der Nervencentren des Frosches. Berlin 1869. S. 78.

²⁾ Nach Funke's Lehrbuch der Physiologie citirt; Wagner's Originalarbeit hatte ich nicht zur Hand.

Er schliesst: „Die Functionen des (eigentlichen) kleinen Gehirns sind also noch unbekannt.“

Es sind nun noch die Versuchsergebnisse an Fröschen von Goltz anzuführen. Dieser fand, dass die Frösche nach Entfernung des Kleinhirns allein sich noch bewegen, aber schwankend und unsicher, wie die Säugethiere auch. Nach Entfernung des ganzen Centralnervensystems mit Ausnahme des Kleinhirns, *Med. oblongata* und *spinalis*, macht der Frosch auf Reize noch Kriech- und Hüpfbewegungen. Wird jetzt auch noch das Kleinhirn genommen, so ist das Thier ganz unfähig zu springen und zu hüpfen; auf Hautreize macht es die wildesten Wischbewegungen, verlässt aber nicht seinen Standort. Goltz schliesst daraus: „Das Kleinhirn des Frosches ist also Centrum für die Fortbewegung des gesammten Körpers.“

Auf 6 Injectionsversuche, die E. Fournié ¹⁾ am Cerebellum des Hundes angestellt hat, will ich nicht weiter eingehen. Die Gründe, welche mich zu dieser Uebergehung bestimmen, kann der sich etwa dafür interessirende Leser anderswo ²⁾ finden. Hinzufügen will ich nur noch, dass Carville und Duret ³⁾ — und hierin kann ich mit ihnen übereinstimmen — nach mir dasselbe Urtheil über das Unzureichende in Fournié's Versuchen gefällt haben. —

Wenden wir uns jetzt zu unseren Versuchen. Zunächst die Gruppe a, einfache Verletzungen des Cerebellum durch Nadelstiche.

Das erste sofort in die Augen springende Ergebniss dieser Versuche ist, dass durch Verletzungen mit ganz feinen Nadelstichen bestimmte motorische Effecte ausgelöst werden, also zunächst ganz allgemein ausgedrückt, dass das Cerebellum durch mechanische Reize motorisch erregbar ist. Niemals war zu beobachten, dass die Thiere irgend einen Schmerz verrathen hätten; also sensibel erregbar in dem Sinne wie ein peripherer Empfindungsnerv ist das Kleinhirn nicht — darin bestätigen meine Versuche die bisherige Anschauung.

¹⁾ E. Fournié, *Recherches expérimentales sur le fonctionnement du cerveau*. Paris 1873.

²⁾ Dieses Archiv Bd. LVIII. 1873.

³⁾ *Archives de physiologie normale et pathologique*. 1875. p. 358—364.

Die motorischen Effecte zeigten sich in der Musculatur der Wirbelsäule und der Extremitäten, im Bereich des N. facialis und Hypoglossus und der Pars motoria Trigemini. Hitzig (und vielleicht auch Leven und Ollivier) hat, wie oben angeführt, bei der mechanischen Reizung des Wurms und seiner unmittelbaren lateralen Begrenzung zuckende Bewegungen der Augenmuskulatur gesehen; von den von mir beobachteten Erscheinungen spricht er nicht. Es ist kaum denkbar, dass Hitzig, wären sie bei ihm vorhanden gewesen, diese letzteren übersehen haben sollte, da sie in der That sehr auffällig sind. Ebenso kann ich andererseits versichern, dass die Bewegungen der Bulbusmuskeln bei mir fehlten. Eine Aufklärung für diese Differenz bin ich ausser Stande zu geben.

Dass wir es bei diesen motorischen Vorgängen mit spastischen Reizungserscheinungen zu thun haben, die durch den mechanischen Reiz des Stiches hervorgebracht werden, wird meines Erachtens bewiesen 1) durch ihren zeitlichen Anschluss an den Stich, 2) durch ihre schnell vorübergehende Dauer, 3) durch ihren Charakter; man fühlt direct den Widerstand der contrahirten Muskeln, wenn man eine andere Richtung der Bewegung herbeiführen will, 4) durch den Umstand, dass sie nachher nicht wieder auftreten.

Dabei bieten indess diese Phänomene einige besondere Eigentümlichkeiten. Wenn man einen peripheren motorischen Nerven direct reizt, so erfolgt der Bewegungsaffect sofort und ganz unmittelbar; wenn man mit einer Nadel in den Pons eindringt, so erscheinen die allgemeinen convulsivischen Zuckungen blitzschnell im Moment des Einstiches; wenn man die mittleren Kleinhirnschenkel zerstört, so beginnen die Seitenzwangslagen bezw. Rollbewegungen im selben Augenblick. Nicht so hier. Gewöhnlich nicht zusammen, sondern mehr nacheinander entwickeln sich in den einzelnen Muskeln die Contractionen; erst ganz allmählich steigern sich diese Contractionen bis zu einem gewissen Maximum (um mich bildlich auszudrücken: man meint förmlich zu sehen, wie ein Widerstand allmählich überwunden wird oder wie die Welle anschwillt), und Regel ist, dass ein gewisses Zeitintervall nach dem Stich vergeht, ehe der Beginn der Contractionen eintritt, einige Secunden, eine Viertel- oder halbe Minute, ja zuweilen habe ich selbst eine ganze Minute vorübergehen sehen, und nur ganz ausnahmsweise fällt ein-

mal der Beginn der Wirbelsäulenverkrümmung mit dem Stich selbst noch zusammen.

Genau diese selben Eigenthümlichkeiten habe ich nun schon in anderen früheren Versuchen beobachtet, bei denen auch durch mechanische Reizung bezw. feine Verletzung bestimmter Punkte der Grosshirnhemisphären motorische Effecte angeregt, ausgelöst wurden, bei der Verletzung des von mir sogenannten Nodus cursorius und der bestimmten Stelle an der hinteren Hemisphärenoberfläche des Kaninchenhirns, deren Verletzung gewaltsame convulsivische Bewegungseffecte auslöst. Der Kürze wegen erlaube ich mir den Leser auf meine früheren bezüglichen Publicationen im 57. und 58. Bande dieses Archivs zu verweisen. —

Beachtenswerth ist dann weiter die Betheiligung beider Körperseiten. An und für sich freilich liegt darin insofern nichts Besonderes, als es bekanntlich nicht gelingt, bei den vierfüssigen Versuchsthieren speciell den Kaninchen durch einseitige Hirnverletzungen ausgesprochene halbseitige Lähmungserscheinungen zu produciren; immer werden bestimmte Muskelgruppen beider Seiten betheiligt. Aber hier, bei den Cerebellarreizungen, stellt sich doch die Sache wieder insofern merkwürdig dar, als diese Betheiligung beider Seiten bei einseitiger Reizung nicht zugleich, sondern nacheinander erfolgt, und zwar auf der anderen erst nachdem auf der ersteren die Erscheinungen vollständig abgelaufen sind. Und weiterhin ist es sehr auffallend, dass zuvörderst auf derselben, der Seite der Reizung, die motorischen Effecte erscheinen, dann erst gekreuzt. Ueberschendend ist endlich die Thatsache, dass bei Einstichen grade in der Medianlinie des Wurmes beide Seiten zugleich und gleichzeitig betheiligt werden. —

Wie sind nun diese Besonderheiten aufzufassen?

Zuvörderst bezüglich des Auftretens der Erscheinungen auf derselben Seite sind zwei Auffassungen möglich. Entweder nemlich kann man annehmen, dass der Erregungsvorgang, der durch den Reiz des Stiches bedingt ist, sich von der einen Seite des Cerebellum, z. B. der linken, zunächst nach der anderen (rechten) Seite des Grosshirns fortpflanzt und dann von hier aus in der gewöhnlichen Weise die gekreuzten Nerven, d. h. die linksseitigen innervirt. Die Anschauung, dass ein solches gekreuztes Verhältniss zwischen Grosshirnhälfte und entgegengesetzter Kleinhirnhälfte bestehe,

erscheint anatomisch nicht unhaltbar¹⁾). Oder aber man kann sich vorstellen, dass der Erregungsvorgang direct und ungekreuzt im Cerebellum selbst die motorischen Bahnen innervire. Auch hierfür besteht bekanntlich anatomisch die Möglichkeit.

Welche von diesen beiden Auffassungen die richtige ist, dürfte schwerlich mit voller Bestimmtheit zu entscheiden sein. Doch möchte ich für die grössere Wahrscheinlichkeit der letztgenannten mich aussprechen, d. h. also dass die motorischen Reizungserscheinungen vom Kleinhirn selbst, ohne Vermittelung des Grosshirns, angeregt werden. Denn auf diese Weise wird, glaube ich, es leichter verständlich, dass nach Ablauf der Erscheinungen auf derselben Seite dann noch dasselbe Bild auf der entgegengesetzten Seite sich wiederholt. Freilich ist diese secundäre Betheiligung der anderen Seite, für welche man ein Fortpflanzen des Erregungsvorganges von einer Seite des Cerebellum auf die andere annehmen muss und die demnach eine innige Verbindung beider Cerebellarhälften durch Quervermissuren beweisen würde, eine merkwürdige Erscheinung. Aber immerhin erscheint sie mir noch eine einfachere Auffassung der Verhältnisse einzuschliessen, als der wunderbare und complicirte Erregungsvorgang, welcher die Mitwirkung des Grosshirns voraussetzen würde.

Welche Theile sind es nun, deren Reizung die geschilderten Symptome producirt? Wie wir oben bei der Darstellung der Versuche gesehen haben, ist nicht die Reizung einer bestimmten umschriebenen Stelle erforderlich, sondern von einer weit umgrenzten Partie her, welche sowohl den Wurm wie die Hemisphären einnimmt, gelingt die Production der Phänomene. Dies kann zunächst zu der Annahme führen, dass vielleicht gar nicht das directe Betroffensein der Substanz des Wurmes und der Hemisphären das Maassgebende sei, sondern dass der Reiz, an welcher Stelle der Stich selbst auch angebracht sei, von dem Orte seiner Application aus auf entferntere, tiefer gelegene Theile wirke. Indessen scheinen mir gegen diese Auffassung einige Gründe zu sprechen: zunächst der Umstand, dass nicht alle Stiche in der umgrenzten Partie wirksam sind. Dies scheint darauf hinzudeuten, dass es doch auf die

¹⁾ Man vergleiche Meynert, Skizze des menschlichen Grosshirnstammes. Archiv für Psychiatrie und Nervenkrankheiten. Bd. 4.

directe Erreichung und Reizung bestimmter Localitäten ankommt, wenn mir auch wie oben bereits angeführt eine ganz genaue Localisationsbestimmung nicht gelungen ist. Denn wäre eine Fernwirkung das Maassgebende, so ist nicht einzusehen, warum nicht jeder dieses Terrain überhaupt treffende Stich wirksam sein sollte. Und zweitens scheint mir das gleichzeitige Auftreten doppelseitiger Erscheinungen bei Stichen genau in der Mittellinie in diesem Sinne einer directen Reizung gedeutet werden zu müssen. Ist diese Annahme richtig, so würde sie wieder den Schluss unterstützen, zu welchem wir auch schon soeben gelangten, dass nemlich eine innige functionelle Querverbindung beider Kleinhirnhälften im Wurm bestehen müsse. —

Des Weiteren hob ich dann bereits hervor, wie diese Reizungserscheinungen hier so manches Abweichende darbieten, wenn man sie mit den motorischen Effecten bei directer Reizung motorischer Bahnen vergleicht. Die Unterschiede sind so bedeutungsvoll, dass mir daraus der Schluss gerechtfertigt erscheint: die Bahnen oder Stellen, deren mechanische Reizung die in Frage stehenden motorischen Phänomene producirt, können unmöglich functionell gleichwerthig sein den motorischen Fasern in den peripheren Nerven oder im Rückenmark. Aber auf der anderen Seite sehe ich in dem Erscheinungsbilde dieser motorischen Effecte auch nichts um die Annahme zu erweisen, dass es sich hier um „Reflexvorgänge“ im gebräuchlichen Sinne des Wortes handele.

Soll man nun freilich eine positive Antwort geben, um was es sich eigentlich handle, so sehe ich mich ausschliesslich gegenüber von Hypothesen, für die ich keine directen Beweise beibringen kann, zu denen ich nur auf dem Wege der Ausschliessung gelange. Es liegt die Frage nahe: Ist vielleicht eine directe Reizung der grauen Substanz das Wesentliche? Bei der Analyse früherer Versuche, bei der Reizung des Nodus cursorius, bei der Reizung einer bestimmten Hemisphärenstelle (cf. dieses Archiv Bd. 58), verzichtete ich auf jeden Deutungsversuch. Jetzt begegnet mir nun zum dritten Male bei der mechanischen Reizung des Cerebellum ein motorisches Bild, dessen Charakter in einem bestimmten Zuge, in dem allmählichen, zögernden Anwachsen bis zu einem Maximum des Effectes, mit jenen Bildern übereinstimmt. Dieser Uebereinstimmung muss doch wohl eine gleiche Ursache zu

Grunde liegen. Ist diese gleiche Ursache etwa darin gegeben, dass es sich um directe Reizung grauer Substanz handelt? Und haben wir dann etwa in dieser tardiven Entwicklung der Effecte ein eigenthümliches Kennzeichen für die mechanische Reizung grauer Substanz?

Ich will diese Hypothesen nicht weiter ausspinnen. Doch wird der Leser die Aufwerfung dieser Fragen nicht ganz ungerechtfertigt finden. —

Gehen wir jetzt zu der Versuchsgruppe b über. Soweit ich aus den Publicationen entnehmen kann, haben die früheren Experimentatoren die theilweisen oder gänzlichen Zerstörungen am Kleinhirn durch die allmähliche Abtragung horizontaler Schichten von oben her bewerkstelligt. Es mussten dabei, sobald man einigermaßen vordrang, immer Wurm und Hemisphäre gleichmässig und gleichzeitig betroffen werden. Meine Versuchsmethode gestattet die isolirte Ausschaltung je einer Hemisphäre oder beider zusammen oder auch des Wurmes allein.

Die Resultate bei diesem Verfahren sind nun höchst überraschende, stehen aber — wie ich nebenbei zu bemerken mir erlaube — in voller Uebereinstimmung mit den Erfahrungen der Pathologie, auf die ich indess nicht näher hier eingehen will. Die Versuche lehren, dass nach Entfernung einer oder beider Hemisphären, sobald nur die basalen Schichten des Cerebellum, welche die Einflechtung der Pedunculi darstellen, unversehrt bleiben, absolut gar keine Symptome auftreten, ebensowenig nach partiellen Zerstörungen des Wurmes allein. Man beobachtet weder, wie Goltz ¹⁾ ganz neuerdings (meines Erachtens zweckmässig) unterschieden hat, vorübergehende Hemmungs- noch bleibende Ausfallserscheinungen, weder in sensibler noch in motorischer Beziehung. Allerdings sieht man im sofortigen Anschlusse an die Operation die spästischen Erscheinungen, welche durch den Reiz des mechanischen Eingriffs selbst producirt werden und die der Versuchsreihe entsprechen; aber in der folgenden Zeit ist das Thier wie ein normales. —

Anders gestaltet sich das Bild, wenn die Läsion derartig war, dass eine Hemisphäre und der Wurm gleichzeitig zerstört, dass die

¹⁾ Pflüger's Archiv Bd. 13, Ueber die Verrichtungen des Grosshirns.

Verbindung in den tieferen Schichten zwischen Hemisphäre und Wurm unterbrochen war. Analysiren wir die oben geschilderten Erscheinungen, wobei ich von den schon berührten spastischen Phänomenen absehe, so zeigt sich Folgendes:

Zunächst möchte ich betonen, dass eine eigentliche motorische Lähmung nicht bestand; die Bewegungsfähigkeit der Extremitäten im Allgemeinen ist unversehrt.

Den übrigen Erscheinungscomplex, dessen Details ich hier nicht noch einmal wiederholen will, vermag ich nicht besser zu bezeichnen als es schon Flourens gethan hat, nemlich mit dem Worte *Coordinationsstörung* oder mit dem modernem *Ataxie*. Dass nicht eine Störung der Hautsensibilität dieselbe veranlasst, erscheint mir mit Rücksicht darauf, dass nie eine Hautanästhesie sich nachweisen liess, zweifellos.

Wenn nun in diesen zwei allgemeinen Punkten: Mangel eigentlicher motorischer Lähmung in den Extremitäten und Auftreten von Erscheinungen, die als *Coordinationsstörung* bezeichnet werden müssen — meine Versuche die bisherigen Anschauungen über das Kleinhirn bestätigen, so gehen sie dagegen im Einzelnen weiter.

Zunächst lehren sie, dass nicht, wie Schiff annimmt, eine einseitige Verletzung des Kleinhirns überhaupt (vermöge der mechanischen Fortpflanzung der Wirkung auf die tieferen vom Kleinhirnschenkel einstrahlenden Fasern) ausreicht, um die *Coordinationsstörungen*, wenn auch nur vorübergehend, zu produciren. Wäre diese Annahme richtig, so hätte ich doch wohl nach der Zerstörung einer Hemisphäre wenigstens vorübergehend eine *Coordinationsstörung* beobachten müssen. Dies war aber nie der Fall.

Dann kann ich nicht der Ansicht Schiff's beitreten, dass allein die mangelnde Fixation der Wirbelsäule in Folge einseitiger Cerebellarverletzung und das Schwanken derselben den unregelmässigen Gang und die *Coordinationsstörung* der Beine bedinge. Einmal nemlich kann ich nicht recht einsehen, wie die mangelnde Fixirung der Wirbelsäule jene regellosen und ungeordneten Extremitätenlagerungen nach sich ziehen soll (übrigens hat schon Funke das Unbefriedigende in dieser Erklärung von Schiff betont). Dann aber bestand thatsächlich in mehreren meiner Versuche ein starkes Schwanken des Kopfes und der Wirbelsäule, ohne dass gleichzeitig die regellosen Bewegungen der Extremitäten vorhanden waren. Dies beweist

doch wohl, dass Schwanken der Wirbelsäule und Coordinationsstörungen der Extremitäten nicht in einem ursächlichen Verhältniss zu einander stehen, sondern gleichberechtigte Erscheinungen sind. Ist nicht möglicher Weise das Schwanken der Wirbelsäule auch selbst vielmehr eine Coordinationsstörung, als eine motorische Paralyse im gewöhnlichen Sinne? Ich möchte mich wenigstens zu dieser Annahme hinneigen.

Darin allerdings stimme ich Schiff bei, dass es für die Production dieser Ataxie einer Verletzung tiefer gelegener Partien des Kleinhirns bedarf. Indessen scheint es mir dabei auf eine andere anatomische Localisationsbedingung anzukommen, als Schiff meinte. Ich möchte nemlich aus meinen Versuchen schliessen, dass es sich dabei — beim Kaninchen wenigstens — um die in den tieferen Schichten des Cerebellum aufgehobene Verbindung zwischen Wurm und Hemisphäre handelt — so wenigstens war der unmittelbare anatomische Befund. Ob die daraus zu ziehenden Folgerungen eine andere Auffassung noch gestatten, werden wir alsbald erörtern.

Es darf mit Recht als auffällig erscheinen, dass, wenn man die ebengenannte Verletzung einseitig gemacht hat, dennoch die Coordinationsstörung nicht einseitig, sondern doppelseitig beobachtet wird, und zwar auf beiden Seiten in gleicher Intensität. Wenn man jedoch den Schluss acceptirt, welchen wir oben bei den Reizungsversuchen gezogen haben, dass nemlich eine innige Verbindung zwischen beiden Cerebellarhälften besteht, dergestalt, dass Reizung einer Hälfte doppelseitige Erscheinungen produciren kann, so wird man auch hier ähnlich vorgehen können. Ich nehme an, dass die genannte einseitige Verletzung wieder doppelseitige, d. h. Querverbindungsbahnen zwischen beiden Kleinhirnhälften unterbrochen hat. Das Wesentliche ist demnach nicht die aufgehobene Verbindung zwischen Wurm und Hemisphäre, sondern die dadurch bedingte Unterbrechung zwischen beiden Kleinhirnhälften überhaupt, welche eben durch die Verletzung an der genannten Stelle bewirkt wird.

Ganz besonders möchte ich dann die Aufmerksamkeit noch auf einen Umstand lenken, der meines Wissens noch niemals beachtet oder beobachtet worden ist. Es ist die Thatsache, dass die Erscheinungen der Coordinationsstörungen in meinen Versuchen nie-

mals sofort nach dem operativen Eingriff eintreten. Unmittelbar danach zeigen die Thiere keine Spur davon. Frühestens nach einigen Stunden, zuweilen erst am folgenden oder gar am zweiten Tage kommen sie zum Vorschein. Wir haben also ein Verhalten gerade entgegengesetzt dem vom Flourens u. A. bei oberflächlichen Cerebellarverletzungen beobachteten, dass nemlich die Coordinationsstörungen nach einigen Stunden oder am folgenden Tage schon wieder verschwunden sein können. Leider — ich bedaure diesen für die Auffassung wichtigen Punkt sehr — habe ich nicht beobachten können, ob etwa und wann bei meinem Versuchsverfahren ebenfalls eine solche Rückbildung eintritt, da es mir nicht gelungen ist die Thiere bei dieser Verletzung länger als 5 Tage am Leben zu erhalten.

Offenbar muss man bei diesem zeitlichen Verhalten den Gedanken fallen lassen, dass die Coordinationsstörung von einem fernwirkenden Reiz des operativen Eingriffs herrühre, eine Hemmungserscheinung im Sinne von Goltz (l. c.) sei, denn dann müsste sie doch im Anschluss an den operativen Eingriff selbst auftreten. Aber im Gegentheil, unmittelbar nach der Operation bewegten sich die (sämtlich nicht narkotisirten) Thiere ganz normal. Das Nächstliegende ist es nun anzunehmen, dass die sich weiterverbreitende reactive Entzündung um den Zerstörungsheerd herum die späte Entwicklung der Coordinationsstörung producirt. Freilich scheinen mir zwei Bedenken hiergegen vorgebracht werden zu müssen: einmal nemlich dass schon wenige Stunden nachher die Erscheinungen auftreten können; und zweitens, dass sie nicht auftreten bei noch umfänglicheren Heerden (als die wirksamen), sobald dieselben nicht die gekennzeichnete Localität betreffen, sondern nur in ihrer Nachbarschaft liegen — und doch müsste man auch bei ihnen dieselbe reactive Entzündung statuiren. — Auf die Frage wie es aber doch komme, dass in Flourens' Versuchen alsbald die Coordinationsstörungen dagewesen seien, ist vielleicht die Antwort zu geben, dass ein directer Vergleich zwischen jenen und meinen Experimenten nicht gestattet erscheint, da die Versuchsbedingungen ja ganz andere gewesen sind, indem Flourens bei ganz entblösstem Cerebellum und unter gleichzeitiger Abtragung des Wurmcs und beider Hemisphären arbeitete.

Man steht bei dieser Sachlage vor einer Alternative: entweder

muss man annehmen, dass in allen meinen Versuchen die anatomisch entscheidende Stelle niemals durch den operativen Eingriff selbst, sondern immer erst durch die secundären sich ausbreitenden geweblichen Veränderungen bewährt worden ist. Oder man muss annehmen, dass die functionellen Vorgänge, welche bei der Coordinationsstörung theilhaftig und thätig sind, sich erst allmählich entwickeln. Es ist mir im Augenblick unmöglich, in diesem Dilemma mich zu entscheiden. —

Endlich möchte ich noch einen Punkt hervorheben. In allen früheren Versuchsreihen, und meine Versuche bestätigen dies, stellt sich die durch Kleinhirnverletzungen producirte Coordinationsstörung in erster Linie so dar, dass das zur Locomotion nothwendige harmonische Zusammenwirken der betreffenden Nerven und Muskeln aufgehoben ist: das Schwimmen, Hüpfen, Laufen (und beim Menschen wie pathologische Beobachtungen lehren das Gehen) wird unmöglich. In diesem Sinne hat Goltz vollständig recht, wenn er vom Frosch sagt, sein Kleinhirn sei das Organ für die Fortbewegung des gesamten Körpers. Aber es ist durchaus noch nicht festgestellt, ob auch andere combinirte Bewegungen ausser den zur Locomotion des Körpers erforderlichen der Mitwirkung des Cerebellum bedürfen. Die letzte Entscheidung darüber werden Beobachtungen am Menschen geben müssen, bei dem man die isolirten Bewegungen der Oberextremitäten studiren kann; was wir bis jetzt in dieser Beziehung wissen, scheint eher darauf hinzudeuten, dass auch beim Menschen überwiegend oder sogar ausschliesslich das geordnete Fortbewegungsvermögen gestört ist, doch reicht das vorliegende Beobachtungsmaterial noch nicht aus.

Versuchen wir jetzt ein Facit zu ziehen. Da ich hier keine Monographie über das Cerebellum zu schreiben beabsichtige, so werde ich mich nur auf das beschränken, was sich aus meinen Experimenten ergibt. Und wenn ich auch darin sehr vorsichtig zu Werke gehe, so wird der Leser dies nur billigen.

1) Das Kleinhirn vermittelt bestimmte Bewegungsvorgänge, seine Function ist also in gewissem Sinne eine motorische. Diese Beziehung zu Bewegungsvorgängen ergibt sich sowohl aus Reizungs- wie aus Zerstörungsversuchen.

2) Allem Anscheine nach bestehen ganz innige functionelle (und demnach wohl auch anatomische) Verknüpfungen zwischen beiden Cerebellarhälften.

3) Die vollständige Vernichtung derselben Kleinhirnpartien, deren Reizung bestimmte vorübergehende motorische Effecte auslöst, hat keine nachweislichen „Ausfallserscheinungen“ (Goltz) zur Folge.

4) Die Vernichtung einer Hemisphäre oder beider Hemisphären allein oder der vorderen oberen Partien des Wurmes allein bedingt keine Coordinationsstörungen. Dagegen erfolgen bei mechanischer Reizung dieser Theile motorische Reizungserscheinungen.

5) Die bekannten Coordinationsstörungen entstehen nur bei einer derartigen Verletzung, dass dadurch in der Tiefe des Organs Hemisphäre und Wurm gleichzeitig betroffen wird.

Mit den vorstehenden Versuchen ist meines Erachtens der Satz Schiff's, dass über die Functionen des eigentlichen Kleinhirns noch gar nichts bekannt sei, wenigstens in etwas überschritten. Es geht aus ihnen hervor, dass auch die Masse des eigentlichen Kleinhirns irgend welche Beziehungen zu motorischen Vorgängen hat. Eine eingehende Erörterung dieser Beziehungen, speciell auch in Verbindung mit den motorischen Functionen des Grosshirns, ferner eine Besprechung der sogen. „coordinirenden“ Function des Kleinhirns, unter gleichzeitiger detaillirter Berücksichtigung der einschlägigen Anschauungen anderer Autoren, behalte ich mir auf eine andere Arbeit vor.
