Ueber die Funktionen des Kleinhirns.

Zweite vorläufige Mittheilung.

Von

M. Schiff.

Die erste vorläufige Mittheilung erschien bereits 1858 in meinem Lehrbuch der Nervenphysiologie pg. 355—357. Wohlwollende Kritiker, wie Goltz, Nothnagel haben mich schon vor längerer Zeit darauf aufmerksam gemacht, dass in dieser Mittheilung gar Manches, auch schon jetzt Erreichbare, unberührt geblieben sei. Wenn ich aber fortgefahren hätte, meine Versuche und Beobachtungen, wie damals fast alle Forscher, an Bipeden anzustellen, so würde ich auch jetzt den damals ausgesprochenen Ansichten kaum etwas Erhebliches zuzufügen haben. Die Versuche an Vögeln und die brauchbaren klinischen Erfahrungen lassen unklar, wie viel von den hervortretenden Bewegungsstörungen, ausser der unlängbaren Verdrehung der Wirbelsäule, etwa einem direkten Einfluss des Kleinhirns und wie viel dem Streben nach Erhaltung und Wiederherstellung des von der Körperaxe aus gefährdeten Gleichgewichtes abhängt.

Aber es wäre zu viel gewagt, ein zweites, nichts weniger als wahrscheinliches Prinzip, wie z. B. das Flourens'sche, zur Erklärung der Erscheinungen einzuführen, wo ein anderes Prinzip, das als unmittelbarer Ausdruck der experimentellen Thatsachen in keinem Falle bei Seite zu schieben ist, unter gewissen Voraussetzungen die Gesamtheit der feststehenden Erscheinungen vollständig zu erklären schien.

Versuche an Säugethieren, die ich seitdem in grösserer Anzahl angestellt, haben mir aber gezeigt, dass der Masse des Kleinhirns, auch abgesehen von dem Einfluss der einstrahlenden mittleren Schenkel, ein bestimmter, allerdings bis jetzt schwer zu definirender Einfluss auf die meisten Körperbewegungen zukommt.

Es ist bekannt, dass Abtragung der oberflächlichsten (gegen das Hinterhauptbein gerichteten) Lage des Kleinhirns in seiner ganzen Länge und Breite, oder auch am Wurm allein, keinerlei Symptome erzeugt; dies gilt nicht nur für die graue Substanz, sondern auch für die weisse, bis etwa in das Niveau der zweiten deutlich sichtbaren Gabeltheilung ihrer Strahlen.

Schneidet man in die zwischen dem Eintritt der Kleinhirnschenkel beider Seiten gelegene Strecke tiefer ein, trägt man bis zu $\frac{2}{3}$ der Dicke des Kleinhirns schichtenweise ab, so entstehen Unregelmässigkeiten der Bewegung, die mit der Tiefe und der Ausdehnung der Wunde rasch zunehmen, und die, wenn die Abtragung sich der Mitte der Dicke des Kleinhirns nähert, den Bewegungen schon den bekannten Charakter aufdrücken, den man seit Flourens so oft als Mangel der Coordination bezeichnet hat. Wir werden bald die Berechtigung dieses Ausdruckes untersuchen. Diese Bewegungsstörung kann auftreten, wenn man eine ausgedehnte Verletzung an einer oder beiden Hemisphären anbringt, ohne Betheiligung des Wurmes, oder nach einer Läsion nur des letzteren, oder einer Hemisphäre und des Wurmes zugleich. In allen diesen Fällen aber ist die Bewegungsstörung nicht dauernd. Sie vermindert sich schon, wenn keine Blutung auf die tieferen Hirntheile einwirkt, im Verlauf des ersten oder zweiten Tages, später ist die Abnahme langsamer, in einzelnen Fällen von später sich entwickelnder Meningitis unterbrochen. Stets kehren aber in einem späteren Stadium, trotz des Mangels eines oft grossen Theiles des Kleinhirns, die normalen Bewegungen vollständig wieder.

Diese Bewegungen sind offenbar Symptome der Ausbreitung des traumatischen Reizes, sie fehlen daher in der Regel oder sind höchst unbedeutend und vorübergehend bei ganz jungen Thieren, wo vorsichtiges Operiren trotz ausgedehnter Exstirpation des Kleinhirns die Reizsymptome fast ganz vermeiden kann. Ferner fehlen sie oft oder verschwinden am ersten Tage bei genau symmetrischen mit sehr scharfem Messer gemachten hierher gehörigen Verletzungen.

Ist aber, wenn auch nur an einer Stelle, die Wunde zu sehr nach der Seite ausgedehnt, auch wenn sie noch nicht das eigentliche Gebiet der Kleinhirnschenkel erreicht, so kann sich die Reizung oder die Lähmung vorübergehend auf letztere aus-

dehnen. Wir sehen dann Nystagmus und bei stärkerer Reizung Strabismus oder beide kombinirt auftreten, um nach wenigen Stunden, oft schon $\frac{1}{2}$ Stunde nach dem Erwachen, wieder zu verschwinden. Auch Rollbewegung oder Verdrehung der Wirbelsäule nach einer Seite kann in den ersten Stunden vorhanden sein, wenn der (mittlere) Kleinhirnschenkel selbst interessirt ist. Die Richtung der Drehung ist in diesen Fällen gegen die weniger verletzte Seite hin gerichtet, da es sich um temporäre Unthätigkeit der lateralen Hemisphärenausbreitung des Hirnschenkels handelt; die eigentliche Reizungsperiode ist kurz (vgl. mein Lehrbuch p. 348) und fällt in der Regel ganz in die Zeit der tiefen Aetherisation. Immer ist hier die Rollbewegung nur dann zu erkennen, wenn das Thier zur Bewegung angetrieben wird. Das was einige Autoren noch unter dem Namen der „Zwangsbewegung“ beschrieben, existirt überhaupt nicht.

Reicht die Verletzung an irgend einer interpedunculären Stelle bis ins untere Drittheil des Kleinhirns, oder entblösst sie gar den vierten Ventrikel, so treten dieselben Bewegungsstörungen auf. Aber — und das ist eine wichtige Thatsache — sie erhalten sich unbegrenzte Zeit, so lange das Thier lebt, auch wenn, abgesehen von Substanzverlust, die traumatischen Folgen der Operation längst abgelaufen sind. Bei etwas grösserem Verlust im unteren Drittel des Kleinhirns sind die Störungen im allgemeinen ausgedehnter und stärker als bei kleinen Substanzlücken. Uebrigens zeigen sie sich — mit der sogleich zu erwähnenden Beschränkung, — mag der Wurm allein, eine oder die andere Tonsille oder mögen alle diese Theile zugleich verletzt sein. Sie erscheinen auch, wenn das untere Drittheil allein, ohne das obere und das mittlere von unten her verletzt ist ¹⁾).

Die von manchen Autoren noch ventilirte Frage, ob die bekannten Bewegungsstörungen nach Kleinhirnverletzung vorübergehende oder dauernde Erscheinungen seien, findet in diesen, schon

1) Ob sie in diesem Fall auch ebenso dauernd sind, wie bei umfangreicheren Abtragungen, ist eine Frage, die, obgleich ich sie mehrfach in Angriff genommen, ich jetzt noch nicht bestimmt beantworten kann. — Von dem unteren wirksamen Theil ist übrigens der Pyramidenlappen auszuschliessen, so dass am Wurm wesentlich nur Uvula und Nodus übrig bleiben. Eine Verletzung in ihrer Wirkung auf den Centrallappen zu beschränken, ist mir noch nicht gelungen.

in der ersten Mittheilung im Allgemeinen angedeuteten Thatsachen ihre vollständige Lösung. Der grösste Theil einer Hemisphäre kann entartet sein, der Wurm kann in seinem Centrum eine Höhle tragen, welche fast die ganze weisse Substanz und einen grossen Theil der grauen zerstört und die Bewegungen können bei erwachsenen Thieren wieder ganz normal werden, bei sehr jungen Thieren, wo die traumatischen Reizphenomene fehlen können, oder bei Menschen, wo die Krankheit sich sehr langsam entwickelt, kann von Anfang an alle und jede Bewegungsstörung fehlen. Eine grössere oder kleinere, in den ersten Tagen ganz bedeutungslose Verletzung, kann auch durch Ausbreitung des Traumatismus in die Tiefe am 5. bis 7. Tage zu sehr beträchtlichen und ausgedehnten Störungen führen, die sich aber in diesem Falle stets (so viel ich bis jetzt gesehen) wieder zurückbilden, und völlig verschwinden, wenn das Thier nur lange genug lebt.

Man sieht auch aus diesen Sätzen, dass es unrichtig ist zu behaupten, dass die Intensität und die Dauer einer Verletzung des Kleinhirns wesentlich von der Ausdehnung der Wunde und von dem Volum der entfernten oder desorganisirten Hirnmasse abhängen.

Sehr kleine bei der Autopsie manchmal schwer wieder zu findende Läsionen können oft schwere oder dauernde Zufälle veranlassen, die bei massenhafter Exstirpation an dorsaler gelegenen Stellen vermisst werden.

Auch die Verletzungen des unteren Drittheils können, wenn sie zu weit seitwärts gehen und in das Gebiet der Kleinhirnschenkel einstrahlen, vorübergehend Nystagmus, Strabismus und Rollbewegungen veranlassen. Dies wusste schon Magendie. Die Richtung dieser Bewegungen kann aber hier nicht so bestimmt angegeben werden, wie bei der Verwundung der höher gelegenen Theile des Kleinhirns. Magendie gibt die Richtung des Strabismus und der Rollbewegung so an, wie wenn der verletzte Hälfte entsprechende Kleinhirnschenkel getroffen wäre. Dies ist aber gerade der seltene Fall. Gewöhnlich geht die traumatische Irradiation nicht über die Substanz des Kleinhirns hinaus und dann erfolgt die Deviation nach der der verletzten Hemisphäre entgegengesetzten Seite hin. Erfolgt eine Hämorrhagie in den Kleinhirnschenkel selbst, dann ist entsprechend meinen älteren Angaben, die Deviation stets nach der verletzten Seite. Der Strabismus ist

gewöhnlich einseitig und das Auge der verletzten Seite ist im Nystagmus, so lange das Thier fast oder ganz ruhig bleibt. So wie aber energischere Bewegungen des Kopfes oder des Körpers erfolgen, wird in der Regel auch auf der verletzten Seite der Nystagmus zum wirklichen Strabismus, der ohne seine Hauptrichtung zu ändern, durch kleine zuckende Bewegungen des Bulbus unterbrochen ist. Aehnlich gestaltet sich wie ich schon 1844 gefunden die Richtung der Drehung und die Augenbewegung nach schiefen (und queren) Einschnitten in den äussersten Seitenanhang des Kleinhirnlappens. Die Richtung ist stets entgegengesetzt derjenigen, welche dieselben Bewegungen nach Verletzung des Kleinhirnschenkels innehalten (*De vi motorea baseos excephali*. Bockenh. 1845 p. 53). Diese Beobachtungen haben sich mir seitdem immer bestätigt und nur der Unkenntniss oder der Nichtberücksichtigung dieser so leicht zu erkennenden Thatsachen ist es zuzuschreiben, wenn seitdem so viele Diskussionen über die Richtung dieser Bewegungen und über die „*Deviation conjugué des deux yeux*“ beim Menschen entstanden sind. Allerdings sind mit diesen Angaben die Bedingungen der konjugirten Deviation noch nicht erschöpft.

Nachdem ich so oft der Bewegungsstörung nach Kleinhirnverletzung erwähnt habe, ist es an der Zeit dieselbe etwas näher ins Auge zu fasssn. Ist sie, wie Flourens meint, eine wirkliche Coordinationsstörung und darf daher in gewissem Sinne das Kleinhirn als Organ für die Coordination der Bewegungen aufgefasst werden? Flourens Ansichten, die seitdem so viele Zustimmung gefunden, sind folgende:

Das Rückenmark verbindet die einzelnen Muskelbewegungen zu verschiedenen Gesamtbewegungen der Glieder, aber es kann nicht diese Gesamtbewegungen der Theile wechselseitig so verbinden, dass daraus bestimmte Bewegungsformen des Thierkörpers entstehen, wie Sprung, Flug, Laufen und selbst das ruhige Stehen, andererseits das Schreien, die Inspiration, das Gähnen. Diese letzteren (respiratorischen) Bewegungen koordinirt das verlängerte Mark und die ersteren (Lokomotionsformen) das Kleinhirn (*Syst. nerv. seconde edition* 1842 pg. 240).

Im Sinne von Flourens und seiner Nachfolger würde also das Kleinhirn zu bestimmen haben die Gleichzeitigkeit oder die Ordnung der Aufeinanderfolge, in der sich die vom Rückenmark abhängigen Einzelbewegungen der Glieder zu verbinden haben,

um durch ihre Harmonie regelmässige Gesamtbewegungen zu erzeugen. In der That deutet Flourens seine Beobachtungen in diesem Sinne.

Das Schwanken der Thiere nach leichten Verletzungen des Kleinhirns betrachtet er als das Resultat unvollständigen Zusammenwirkens der Glieder, die beim Stehen gleichzeitig thätig sein sollten, das Schwanken nach tieferen Verletzungen, das Hin- und Herschlottern beim Gehen, leitet er davon ab, dass die normale Folge und die gegenseitige Unterstützung der Einzelbewegungen gestört ist. Wenn endlich dies Band so weit gelockert ist, dass beim Gehen die beiden Extremitäten einer Seite sich gleichzeitig beugen und vom Boden erheben können, während die andern gestreckt sind, so muss das Thier nach vergeblichem Gehversuch auf die eine oder die andere Seite fallen. Wenn endlich das Kleinhirn ganz fehlt, so wird die ungebundene Anarchie der Glieder Stehen und Gegen ganz unmöglich machen und der Versuch selbst zu stehen wird zu einer Reihe von unregelmässig sich folgenden und kombinirenden zwecklosen Einzelbewegungen ausarten.

Lassen wir die zuletzt erwähnte Unmöglichkeit allen Gehens und Stehens einstweilen noch auf sich beruhen, so ist es nicht zweifelhaft, dass die von Flourens supponirte Ursache Bewegungsanomalien hervorrufen kann, die mit vielen der bei Kleinhirnverletzung auftretenden eine gewisse äusserliche Aehnlichkeit haben. Wenn aber auch diese Aehnlichkeit vollkommen wäre und wenn keine anderen Bewegungsanomalien beobachtet würden, die nicht nach Flourens Annahme erklärt werden können, so fragt es sich, ob die mangelnde „Coordination“ der Einzelbewegungen, die von Flourens und seinen Nachfolgern nie gesehen, sondern nur aus der Physiognomie der Lokomotion und der Haltung des Thieres erschlossen worden ist, nicht auch direkt beobachtet werden kann. Und wann sie es nicht kann, haben wir zu untersuchen, ob dann die fragliche Hypothese wirklich die einzige ist, welche von dem Versuchserfolge einigermaßen Rechenschaft zu geben vermöchte.

So lange ich mich mit diesen Fragen befasste, hatte ich nur Widersprüche gegen die Flourens'sche Hypothese zu verzeichnen, und mich tröstete einigermaßen die stets wachsende Uebereinstimmung mit den Ergebnissen der klinischen Forschung. Der von Flourens erschlossene Mangel „der Coordination“, welcher, wenn

er bestünde, mit den heutigen Beobachtungsmitteln so leicht zu erkennen wäre, war nicht bloß nicht zu beobachten, sondern es war bestimmt nachzuweisen, dass die Coordination immer — im Sinne von Flourens — in vollem Masse vorhanden war. Hunde, Katzen und Eichhörnchen dienten zu diesen Versuchen, für welche, wie ich ausdrücklich hervorhebe, Kaninchen nicht geeignet sind. Es wurden solche Thiere gewählt, die nach ausgedehnten Kleinhirnverletzungen den vielbesprochenen „*Démarche de l'ivresse*“ in höchstem Grade darboten und die nur mit weit auseinander gespreizten Beinen (Hunde und Katzen) einigermassen ruhig stehen konnten. Die Thiere wurden sowohl wenige Tage als mehrere Wochen nach der Operation untersucht¹⁾. Wenn im normalen Gehen beim Hunde sich je zwei Extremitäten nahezu gleichzeitig und die andern in bestimmter Folge bewegen sollen, so muss, wenn die sogenannte Coordination gestört ist, sich entweder eine der zwei Extremitäten im bestimmten Zeitpunkt sich nicht bewegen, oder es müssen abwechselnd mehr als zwei und weniger als zwei gleichzeitig thätig sein. Es war aber sehr leicht zu erkennen, dass, so sonderbar sich auch das Laufen des Thieres gestalten mochte, je zwei der zusammenwirkenden Extremitäten sich nahezu gleichzeitig und abwechselnd in Bewegung setzten, und das war selbst dann noch bemerklich, wenn auch in manchen Fällen die eine vordere Extremität durch rasch sich folgende schwache Contraktionen der *musculi biceps* und *deltoides* in die Höhe gehoben, ganz verhindert war den Boden zu berühren und das Thier auf drei Füßen lief. Das erhobene Vorderbein ging in gesetzlicher und regelmässiger Folge bald viel höher nach oben, bald warf es sich in weitem nach vorn gerichtetem Bogen schleudernd herunter. Dies war stets zu bemerken, so lange der Hund nach vorn lief und die gesetzliche Folge wurde nur dann plötzlich unterbrochen, um andern, ebenfalls koordinirten, Bewegungen Platz zu machen, wenn das Thier,

1) Nur Ferber in Marburg hat in seinem Schriftchen „Zur Kenntniss der Kleinhirntumoren“ eine neue Definition der Coordination gegeben, welche auch die von uns beobachtete Art der Bewegungsstörung mit umfasst. Ich hätte auch gegen die Annahme der Ferber'schen Definition keine Einwendung, wenn nicht für einige Arten der Bewegung wirkliche Coordinationscentren im Sinne von Flourens nachgewiesen wären. So z. B. für die Schluckbewegung. Da die Definition von Flourens hier wirklich eine Anwendung findet, darf sie nicht bei Seite geschoben werden.

zu sehr seitwärts geschleudert, genöthigt war das verlorene Gleichgewicht zu suchen, um nicht zu Boden zu fallen. Und wenn auch beim Gehen und Sitzen der Kopf in beständigem Schütteln und Nicken sich nicht festzuhalten vermochte, so wurde er doch in der Hauptrichtung richtig in die Höhe gehoben, wenn der Hund aufstehen, gehen oder sich umsehen, er wurde gesenkt, wenn er ausweichen wollte. Der Hund konnte mit den Hinterfüssen, wenn auch schwankend, die Bewegungen zum Kratzen machen, es war ihm möglich zum Festhalten eines Knochens, wenn auch mit Mühe, wie wenn er ein Hinderniss zu überwinden hätte, die Vorderfüsse zu strecken und einander zu nähern. Aber der Knochen wurde doch nicht lange festgehalten, denn bald und manchmal schon ehe der hin- und her gerüttelte Kopf sich dem Knochen zu nähern vermochte, trat wie unwillkürlich und unvorhergesehen eine schwache Seitenbewegung eines oder beider Vorderbeine ein, die den Knochen losliessen oder beiseite schoben. Diese Seitenbewegungen thaten der Hauptrichtung keinen Eintrag, sie waren manchmal bloß in den Fingern vorhanden oder dadurch veranlasst, dass ein supinator plötzlich die Hand drehte, die ebenso schnell wieder zurückkehrte.

War auch beim Gehen die Coordination in Flourens Sinne vorhanden, war auch die regelmässige Folge der Bewegungen erhalten, so war es bei einigermassen aufmerksamer Beobachtung unlängbar, dass die Form und die Richtung der Einzelbewegungen nicht mehr die normale war. Die Extremitäten wurden, und dies erklärt das Schwanken, bald zu weit nach aussen, bald zu weit nach innen, bald zu sehr nach vorn oder nach hinten aufgesetzt. Im Augenblick wo der Hinterfuss durch die Bewegung im Kniegelenk auf den Boden gesetzt werden sollte, war manchmal nicht, wie es sein sollte, die Zusammenziehung des Gastrocnemius die vorwaltende, sondern die des tibiales anterior und die Finger waren zu sehr dem Schienbein genähert, um sich erst einen Augenblick später, wenn der Fuss fast als plantigrade auf den Boden gelangt war, von der Tibia weiter zu entfernen und den Hinterkörper, der beim Auftreten zu weit nach unten gesunken, schnell wieder zu heben. Und diese Abweichungen betrafen in verschiedener Weise jede Extremität für sich, unabhängig von den andern. Auch die unstäte Haltung des Rumpfes wirkte zurück auf die Richtung der Bewegung der Extremitäten. Offenbar ist

hier, in den eben berührten Verhältnissen, die Ursache des gestörten Gleichgewichts und der unregelmässigen Bewegung des Körpers zu suchen, abgesehen davon, dass, wie schon erwähnt, das gestörte Gleichgewicht wieder auf die Bewegung zurückwirkt, indem das Thier sich aufrecht zu erhalten sucht, was ihm bei der gestörten Bewegungsrichtung der Extremitäten nur unvollkommen und oft in sonderbarer Weise gelingt. Die Ursache der „titubation cerebelleuse“ wäre also in der Form der Bewegungen der einzelnen Extremitäten, demnach in einem Faktor zu suchen, der nach Flourens gar nicht in die Competenz des Kleinhirns fällt und den er dem Rückenmarke unterordnet.

Bei kurzbeinigen Hunden und öfter bei Katzen, demonstirte ich das Erhaltensein der Coordination und die jeweiligen Abweichungen in der Richtung der Einzelbewegung dadurch, dass ich die vorher in Oel getauchten Füsse ihre Fussspuren aufschreiben liess. Ich gehe hier nicht auf das Nähere dieser Beobachtungsmethode ein, die für viele, die nicht gewohnt waren rasch Bewegungsbilder aufzufassen, überzeugender schien als die direkte Beobachtung. Wenn die innere Seite des Fusses wie dies bei schwach schiefer Richtung nach aussen vorkommt, viel stärker aufgedrückt wird als die äussere, so liess sich dies nach dieser Methode noch oft erkennen, und es liess sich sonach manche Seitenschwankung des Körpers erklären, wenn auch die direkte Untersuchung keinen oder nur zweifelhaften Aufschluss gab. Das Klettern der Katzen zu analysiren war besonders lehrreich und für die oben ausgesprochene Ansicht von grosser Beweiskraft.

Bei Eichhörnchen endlich, die auf einen auch nur wenig und besser noch auf einen gut resonirenden ebenen Boden gesetzt beim Laufen ein vollständiges und schönes Galoppgeräusch hervorbringen, konnte man während der titubation cerebelleuse mittelst des Ohres die eben erwähnten Ergebnisse bestätigen. Der Rhythmus des Galopps war im Ganzen erhalten, die Zeitfolge hatte nicht gelitten, aber die Einzeltöne, aus denen sich jeder etwas schnarrende Hauptton zusammensetzt waren ungleich geworden, sie deckten sich zwar, aber oft nur theilweise, ausserdem waren die Einzeltöne oft dadurch deutlich herauszuhören, dass der eine weicher oder klirrender, dauernder wurde als der andere. Die Art und die Reihenfolge wie die Nägel jeder einzelnen Hand auf den Boden fallen, bestimmt hier offenbar den Ton, und die Reihenfolge selbst

hängt wesentlich von der Richtung ab, nach welcher die niederfallende Extremität gewendet ist. Die Versuche sind für die Anwesenden sehr klar, aber es ist fast unmöglich sie zu beschreiben.

Was ist aber die Ursache dieser Verschiedenheit in der Richtung und Stärke der Einzelbewegungen. Dies ist vorläufig die wesentlichste Frage. Die Beantwortung wird angebahnt durch Beobachtung des ruhenden Thieres.

Ein ruhender Hund der den Kopf erheben will, muss zunächst die Halswirbelsäule fixiren und fast in demselben Momente werden die Heber des Kopfes in langsame und anhaltende Thätigkeit versetzt. Nach einer bedeutenden Operation am Kleinhirn nimmt die Innervation wahrscheinlich denselben Verlauf, sie wird aber auf die verschiedenen Muskeln des Kopfes und der Halswirbelsäule in verschiedener und sehr variabler Weise vertheilt, so dass die Kopfheber ihre Prävalenz nur durch einen beständigen Kampf mit anderen Muskeln, die zeitweise über Gebühr innervirt sind, behaupten zu können scheinen. Während der Zusammenziehung der Kopfheber tritt zu wiederholten Malen die Thätigkeit der Antagonisten so stark hervor, dass ein Schütteln des Kopfes nach vorn und hinten den Verlauf der Bewegung unterbricht und auch theilweise zu verlangsamen scheint. Und dieses Auf- und Niederbewegen wird oft noch dadurch komplizirt, dass auch seitliche Muskeln in momentane schwache Zusammenziehung gerathen, die den Kopf schief stellen. So setzt sich die eine Bewegung aus einer Menge von kleinen unterbrochenen Schüttelbewegungen in verschiedener Richtung zusammen, in denen allerdings die Hauptrichtung zuletzt den Sieg davonträgt, dessen sie sich aber wegen der fortdauernden kleinen Züge der von 3 Seiten angreifenden Gegner keinen Augenblick ruhig erfreuen kann. Analog ist es, wenn der Kopf zum Fressen gesenkt werden soll. Die Heber sind dabei stets in wechselnder unterbrochener Thätigkeit, um den Kopf für jede nach abwärts durchlaufene Strecke wieder ein wenig aufwärts zu ziehen, wobei einzelne seitliche Stösse von Seiten der lateralen Muskeln nicht fehlen. Es ist als ob die Innervation unschlüssig wäre, welche der verschiedenen Endstationen sie eigentlich zu wählen habe. Dass die Erscheinungen beim Senken ebenso hervortreten wie beim Heben beweist, wie auch das Dazwischentreten der lateralen Muskeln, dass wie es hier nicht einfach mit einer in mehreren Absätzen erfolgenden Contraktion zu thun haben

(Luciani), in deren Unterbrechungen etwa die Schwere des zu bewegenden Theiles oder die Elastizität der ruhenden Antagonisten einen zeitweiligen Sieg davonträgt, sondern dass die gegenwirkenden Muskeln wirklich zeitweise zu stark innervirt sind.

Dasselbe lehrt uns bei sehr gezähmten Thieren das Befühlen der (rasirten) Nackengegend mit der Hand, während das Thier ein Stück Fleisch vom Boden aufheben will. Während sitzende grosse Hunde bei dieser Gelegenheit den Kopf senken, fühlt man die intercurirenden kleinen Zusammenziehungen der Kopfheber. Ferner die Beobachtungen am Kapillarelektrometer, wenn man Metallnadeln nach lokaler Anästhesie einige Zeit vor der Beobachtung als Elektroden in die Nackenmuskeln eingebohrt hat. Die Beobachtung wird bei ruhigen Thieren leicht, wenn man sich erst an normalen Hunden über die hier vorkommenden Erscheinungen orientirt hat.

Diese wechselnden Bewegungen sind erst hervorgerufen durch den Antrieb, der eine bestimmte Stellung des Kopfes bewirken oder erhalten will. Denn wenn das Thier völlig ruhig liegt, oder wenn es schlafen will, sind alle die erwähnten Muskelgruppen ruhig, das Zittern des Kopfes ist unterbrochen.

Wenn der Hund ruhig aber aufgerichtet stehen will, so dass die Muskeln nur das Gleichgewicht erhalten sollen, so sehen wir in den leichteren Fällen den Rumpf beständig und abwechselnd nach vorn und nach hinten schwanken, gleichsam balanciren, während die Füße fest und stetig auf dem Boden stehen. Es sind die Muskeln zwischen Becken und Wirbelsäule einerseits und zwischen Schulter und Wirbelsäule andererseits, welche sich hier in momentanen mehr oder weniger regelmässigen Zusammenziehungen ablösen. Analoge Bewegungen lassen bei stehenden Menschen mit lädirtem Kleinhirn die Lendenwirbelsäule auf dem Becken bald nach rechts und links, bald und seltener nach vorn und hinten schwanken. Diese Schwankungen nehmen beim Gehen sehr zu, weil die Innervation und das Fixationsbestreben dann beim Menschen viel mächtiger wird. Bei Thieren verursacht natürlich das Gehen keinen so grossen Unterschied, weil sie den höher aufgehängten Rumpf dann nicht so viel stärker zu fixiren haben.

In manchen Fällen wird bei diesem Schwanken eine der Bewegungen z. B. die das Becken nach hinten zieht, plötzlich und momentan so stark, dass die feststehenden Füße nicht mehr genügen das Gleichgewicht zu erhalten, das Thier stürzt plötzlich

nach hinten zu Boden und wenn es sich erheben will, kann es auch nach vorn überstürzen, ehe es wieder zum Stehen kommt. In schwereren Fällen sind beim Stehen auch die Adduktoren und Abduktoren der Schenkel der Sitz solcher Schwankungen der Innervation, der Hund wird dabei hin- und hergeschaukelt und droht bei einem stärkeren Zug nach der Seite zu fallen. Um sich zu sichern, streckt er, gleichsam als Stützstangen, die einen und auch die anderen Extremitäten weit nach aussen. Sein Stehen und Gehen erhält so eine eigenthümliche Physiognomie. Der sogenannte „gespreitzte“ Gang der menschlichen Kleinhirnkranke ist nichts anderes. Bekanntlich hat man denselben in der Verbindung mit dem Schwanken als pathognomonisch für viele Krankheiten des Kleinhirns angesehen. Dass man in diesen Symptomen das häufigste Zeichen einer mangelnden Coordination erblicken wollte, zeugt bloß für das Streben, beim Menschen wiederzufinden, was man unter ähnlichen Verhältnissen beim Thier erkannt zu haben glaubte.

Der Rumpf ist nie ohne aktive Fixation und nie ohne Schwanken beim stehenden operirten Thier, aber er bleibt ruhig beim liegenden, schlafenden.

In dieselbe Reihe von Bewegungen gehört der Nystagmus. Er ist das Innervationsschwanken zwischen den antagonistischen, den Bulbus bewegenden Muskeln.

Aber wie steht es mit den Extremitäten? Haben wir hier auch statische Muskelkontraktionen ohne wesentliche Bewegung zu verzeichnen?

Man könnte glauben, dass gerade vorzugsweise hier das Stehen eine günstige Gelegenheit zu Beobachtung gebe. Und in der That wird bei tief operirten Thieren wie in den klinischen Erfahrungen, das ruhige Stehen häufig durch einzelne zitternde Muskelkontraktionen verschiedener Richtung, durch Muskelzittern, unterbrochen. In den schwersten Fällen ist bei Hund, Katze und Mensch das ruhige Stehen ganz unmöglich. Aber diese Beobachtungen können in der hier zu behandelnden Frage nicht mit Sicherheit verworthen werden, da es stets ungewiss bleibt, wie viele von diesen Bewegungen solche sind, welche die hier nie fehlenden Schwankungen des Rumpfes kompensiren und das durch diese bedrohte Gleichgewicht erhalten sollen. Dass sie dies nicht immer wirklich thun, sondern im Gegentheil das Schwanken erst maximal vermehren, kommt

hier nicht in Betracht. Die Bewegungen können gut gemeint, aber in falscher Form und Richtung ausgeführt sein.

Sehr lehrreich aber sind an liegenden Thieren angestellte Beobachtungen. Zu Anfang der Ruhe des Hundes sind die Extremitäten nicht ganz passiv. Das Thier sucht sie zunächst in eine bestimmte Lage z. B. ausgestreckt oder dem Körper anliegend, den Kopf unterstützend zu erhalten. Katzen suchen oft ohne weitere Bewegung die Endgelenke der Finger auf einen naheliegenden Gegenstand zu stützen, und spielen dabei zuweilen mit den äussersten Lumbrikalmuskeln. Obschon Handgelenk, Tarsus, Knie, Ellenbogen, Schulter u. s. w. ganz ruhig sind, sieht man unter der Haut einzelne Muskeln und manchmal Antagonisten zugleich, ja was noch wichtiger ist, einzelne Parthien und Bündel breiter Muskeln sich zitternd bewegen. Es ist keine gewöhnliche Zusammenziehung, es ist ein fast regelmässig abwechselndes Spannen und Erschlaffen einzelner Bündel, dass, wenn es sich lange genug wiederholt hat, hier aufhört, um nach einiger Zeit wieder anzufangen, oder auch sogleich in andern Muskelbündeln aufzutreten. Man sieht hier die mannichfachen Verirrungen eines motorischen Impulses, der es nicht bis zur eigentlichen Bewegung bringt. Nimmt man die Zehen des schon halb eingeschlafenen Thieres sanft in die Hand und will es den Fuss zurückziehen, so vermehrt sich mit dem motorischen Impuls zunächst die Stärke dieser Zusammenziehungen. Die hier bethätigten Muskeln, welche es auch seien, führen jetzt zunächst zur Bewegung. Ein normales Thier macht unter solchen Verhältnissen eine Beugebewegung, aber hier wird sie oft zur Streckung, auf die dann erst Beugung folgt. So ist es, wenn der im Moment der Anregung bethätigte Muskel gerade ein Strecker war, was an den vorderen Extremitäten häufiger als an den hintern vorkommt.

So weit gehen die Beobachtungen. Und ist es erlaubt im Allgemeinen zu schliessen, was für den Kopf direkt bewährt ist, dass die Aberrationen auf die benachbarten, nicht die beabsichtigten Bewegung direkt bewirkenden Muskeln um so energischer werden, je intensiver die motorische Innervation, so haben wir einen Ausdruck gefunden, welcher die oben erörterten Unregelmässigkeiten der Form und Richtung der lokomotorischen Extremitätenbewegung mit allen andern Erscheinungen umfasst. Die Aberration der Bewegung auf verschiedene Muskelgruppen ist mächtig genug, die Richtung einer beabsichtigten Bewegung aufs mannichfaltigste umzugestalten. Je

nach dem Momente, in welchem eine einfache Stützbewegung den Boden trifft, kann sie, vermöge einer gerade stattfindenden Aberration auf einen bestimmten Muskel, den Körper bald nach aussen, bald nach innen deviiiren. Die beim Gang gleichzeitig in Thätigkeit tretenden Muskeln können dies in ganz verschiedener Weise thun und so entsteht die anscheinend regellose Modifizirung der Ortsbewegung bei verletztem Kleinhirn.

Merkwürdig ist die Thatsache, dass die Bewegungen des Schwanzes und der Kiefer nie an diesen Unregelmässigkeiten Theil nehmen. Bei den turbulentesten, fast konvulsivischen Bewegungen der Extremitäten und der Wirbelsäule drückt der Schwanz noch regelmässig und rein die psychischen Vorgänge aus. Er bleibt gewöhnlich in normaler Stellung und wedelt, wenn man den Hund ruft oder wenn eine befreundete Person ins Zimmer tritt.

Der Ausdruck wäre gefunden, aber auch verstanden? Nein. Wie die Zerstörung eines grossen Theils des unteren Dritttheils des Kleinhirns in der Weise wirkt, dass die Bewegungsimpulse nicht mehr vorzugsweise einer bestimmten Bahn zu folgen scheinen und zwischen die verschiedenen benachbarten Muskelgruppen desselben Gliedes so vertheilt werden, dass die Bewegung zitternd und unterbrochen wird, wenn auch die Einzelimpulse gut unter einander und nach einander koordinirt sind, davon haben wir noch keinen Begriff, hier verlässt uns die Leuchte der Analogie und längst bin ich zu der Einsicht gekommen, dass wir hier ein neues noch unbekanntes Princip in der an Räthseln so reichen Physiologie der Nervencentra vor uns haben.

Dies erhellt noch mehr aus den folgenden Bemerkungen.

Jede Hälfte des Kleinhirns enthält Elemente, die auf Bewegung beider Körperhälften influiren, und auf alle hier in Betracht kommenden Regionen des Körpers. Die vielbesprochene Lehre der älteren französischen Schule, die Hemisphären besässen gekreuzte Wirkung und die Zerstörung der einen erzeuge eine Lähmung in der andern Hälfte des Körpers, ist schon lange als beseitigt anzusehen. Die Zerstörung des Kleinhirns, abgesehen von den Hirnschenkeln, erzeugen überhaupt keine Lähmung und auch nicht immer bemerkbare Schwäche der Bewegung, wenn wir von den ganz unmittelbaren Wirkungen des Trauma absehen. Ein mittelgrosser Hund mit starker Titubation, der sich vor der Verletzung gewöhnt hatte, in seinen Kasten zu springen, dessen Wand etwa $2\frac{1}{2}$ mal so

hoch war als der Hund, vom Boden bis zur Schulterhöhe gemessen, sprang auch noch eben so hoch nach der Verletzung, aber er kam nicht so sicher in den Kasten wie vorher, denn er sprang zu senkrecht. Er wiederholte den Sprung und sprang diesmal noch höher, aber verfehlte ebenfalls die Richtung. Das dritte mal kam er mit dem Vorderkörper über die Wand und half sich mühevoll mit den Hinterfüßen hinein. Aehnliche Beispiele von Muskelkraft habe ich mehrere gesehen. Auch Katzen sah ich so hoch wie gesunde springen und auch hier hatte oft nur die Sicherheit der Bewegung, nicht ihre Kraft abgenommen.

Wenn auch ausgedehntere Verletzungen und Zerstörungen in der wirksamen Schicht einer Hemisphäre ihren Einfluss auf den ganzen Körper geltend macht, so lässt sich doch nicht in Abrede stellen, dass für kleinere sehr beschränkte Verletzungen, wie sie systematisch vorgenommen zu werden verdienen, eine speziellere Einwirkung auf einzelne Körpertheile vorkommt. So habe ich durch einige Verletzungen nur in den Kopfbewegungen den oben beschriebenen Einfluss wahrgenommen. Mehrmals habe ich gesehen, dass nur das Schwanken in beiden Hinterfüßen auftritt und die Bewegungen der Vorderbeine völlig normal geblieben waren. Auch habe ich einige Male die Bewegungsanomalie nur in einem einzigen Vorderfuss wahrgenommen, der beim Gehen schleudernd nach vorn geworfen wurde. In andern Fällen wurde, ähnlich dem von Nothnagel bei Kaninehen beschriebenen Verhalten, ein Vorderfuss bei der Bewegung weit und zitternd in die Höhe gehoben und blieb in dieser Weise während der Dauer des Laufens wie aufgehängt, um sich dann während der Ruhe wieder in seine normale Lage zu begeben. Es mag nur Zufall sein, dass ich niemals eine isolirte Störung in beiden Vorderfüßen bei normalem Verhalten der hinteren wahrgenommen habe. Leider starben mir alle diese Thiere mit isolirter Wirkung auf einzelne Extremitäten schon während der traumatischen Periode, oder die Erscheinungen verloren sich später ganz, so dass ich keinen Beitrag zur speziellen Lokalisation im kleinen Gehirn zu geben vermag.

Da eine ausgedehnte Zerstörung einer Seitenhälfte des kleinen Gehirns und des Wurmes (mit Ausschluss der Kleinhirnschenkelregion) weder das Zustandekommen nach der Reihenfolge der zu einem bestimmten Zweck hervorgerufenen Muskelkontraktionen verhindert, sondern nur dadurch die Bewegungen verändert, dass

noch andere dem Zweck schädliche Muskelbewegungen in die normalen hindernd mit eingreifen, so könnte man sich, wie früher Budge (Untersuch. über das Nervensystem I, 1841, p. 63 u. f.), vorstellen, vom Kleinhirn aus wirke auf alle Bewegungsnerven eine Kraft, welche gewisse Irradiationen der Bewegung hemme und dadurch dem Bewegungsantrieb eine bestimmtere Bahn anweise. Hat man einen wirksamen Theil des Kleinhirns zerstört, so wurde ein Theil dieses hemmenden Einflusses vernichtet und die Irradiationen könnten zum Theil frei hervortreten.

Diese Vorstellung ist bestimmt zu verwerfen. Es würde aus ihr folgen, dass, wenn eine wirksame Verletzung verdoppelt, d. h. auf die beiden Kleinhirnhälften ausgedehnt würde, die Hemmung um das doppelte beschränkt, die Unregelmässigkeit der Bewegung also noch viel grösser werden müsste. Endlich müsste nach völliger Entfernung des Kleinhirns die Zügellosigkeit ihr Maximum erreichen. Gerade das Gegentheil hat die Erfahrung gelehrt. Es wurde schon in der ersten Mittheilung ausgesprochen, dass bei ganz symmetrischen Verletzungen und Zerstörungen des Kleinhirns, die sog. Coordinationsstörungen nicht gefunden werden. Die Bewegungen erfolgen ungestört. Diese, wie mir scheint sehr wichtige und für die Theorie maassgebende Thatsache, die ich nunmehr vollständig bestätigen kann, ist seitdem von fast allen Schriftstellern ganz unberücksichtigt geblieben.

Nur Vulpian in seinen Vorlesungen über die Physiologie des Nervensystems (1866) hat disse Lehre wiederholt, und ich lege auf die Bestätigung dieses unabhängigen Experimentators um so mehr Gewicht, als derselbe, als langjähriger Präparator von Flourens, die vielfachen Versuche des letzteren genau kennt und zu würdigen weiss, und als er in früherer Zeit die Ansichten seines Lehrers theilte. Ich darf nicht zweifeln, dass die Angabe Vulpians auf eigenen unabhängigen Versuchen beruht und dass diese Versuche für ihn hinreichende Beweiskraft besitzen, denn im andern Falle würde er gewiss nicht unterlassen haben, den Schriftsteller anzugeben, dem er diese Lehre entnommen.

Bestätigend für meine Lehre sind aber auch analoge Erfahrungen, die seitdem und in neuerer Zeit an anderen Hirnthellen gemacht worden sind, denen man einen „Einfluss auf das Körpergleichgewicht“ zuschreibt.

Ganz symmetrische Verletzungen des Kleinhirns auf beiden

Seiten, wie ich sie in der ersten Mittheilung zur Wahrung des Gleichgewichtes und der regelmässigen Bewegung verlangte, habe ich seit dem Erscheinen meines Lehrbuchs noch auf mehrfache Weise zu erzeugen versucht. Die einfachste, aber unerwarteter Weise nicht die leichteste Art der Operation ist ein Vertikalschnitt durch die Mittellinie¹⁾, die das ganze kleine Hirn oder dessen wirksame Schicht genau in zwei gleiche Hälften theilt. Dann habe ich versucht gleich entfernt von der Mittellinie den mittleren Theil des Wurmes zu zerstören. Besondere Sorgfalt habe ich den Versuchen zugewendet die den ganzen Wurm zerstören sollten, so dass die Schnittfläche etwas in den mediansten Theil der Hemisphären hineinragte. Es war nämlich von gewichtiger Seite ausgesprochen worden, dass nach klinischen Erfahrungen Leiden und Degeneration des Wurmes, aber nicht der Hemisphären die sog. Coordinationsstörungen hervorrufe, und dass man durch diese Annahme die widersprechenden Symptome der Kleinhirnleiden erklären könne. Es ist nun über allen Zweifel, dass, wenigstens für die Versuchsthiere, diese Annahme unrichtig ist, wenn letztere (sehr junge) eine oder einige Stunden nach der Zerstörung des ganzen Wurmes wieder regelmässig umherlaufen, Eichhörnchen sogar klettern können und wenn bei älteren Thieren dasselbe Resultat, obwohl erst nach längerem Zuwarten, erlangt wird. Da aber, wenn die Operation nicht vollständig gelungen ist, wenn die Zerstörung nur eine theilweise, gegen den vierten Ventrikel hin auf einer Seite vorwiegende war, die Titubation in vollem Masse hervortrat, so dürfte die Deutung der Verschiedenheit in den klinischen Symptomen der Kleinhirnleiden wohl eine andere werden, und meine Andeutung von 1858 auch heute noch ihr volles Recht behalten. In Betreff der Bewegungsstörungen gilt das alte Wort des Hesiod und zwar für den Wurm wie für das ganze Kleinhirn: „Sie wissen nicht wie viel die Hälfte mehr gilt als das Ganze“ (siehe Hesiod opera et dies V. 40. Büchmann, geflügelte Worte 13. Aufl. 1882, p. 232).

1) Und es ist hervorzuheben, dass dieses der einzige Versuch mit einfach vertikalem Schnitt ist, auf den in dieser Abhandlung Rücksicht genommen wird. Seitliche und rein ausgeführte Schnitte dieser Art an verschiedenen Stellen einer Hemisphäre verdienen wohl ein besonderes Studium. Aber die ganz strenge Einhaltung der Richtung im weichen Mark hat ihre grosse Schwierigkeit.

Ferner habe ich versucht, und auch das ist bei einigen jungen Katzen gelungen, gleiche Stücke vom innern Theil der beiden Hemisphären mit dem ganzen Wurm herauszuheben. Hier machen ganz nach vorn die pedunc. ad corp. quadrigem. eine bedeutende Schwierigkeit. Man muss, wenn man in ihre Gegend kommt, den Schnitt bogenförmig nach innen der Mittellinie zuwenden, oder noch besser von vorn am Tentorium, am Rand des Wurms, den Schnitt anfangen, und ihn dann nach aussen lenken. Man schneidet von unten nach oben gegen die freie Oberfläche und so vermeidet man Zerrungen, die selbst nach vollständigem Erwachen aus dem Aetherrausch die Erholung des Thieres sehr hinauschieben. Ratten sterben aber während dieser Operation oft an Lufteintritt in die Venen.

Endlich kann man das ganze kleine Gehirn durch Schnitte oder Pincettenquetschung neben (innen) den beiden Furchen ablösen, in welche die zwei hinteren Schenkelpaare sich einsenken, wobei die vorderen Schenkel schief zu ihrer Faserrichtung durchschnitten werden müssen. Diese Operation ist die verhängnissvollste, aber auch, wenn man das Thier erhalten kann, die reichste von allen hierhergehörigen. Es ist die Entfernung des ganzen Kleinhirns mit Ausnahme der kleinen von den Schenkeln nach aussen liegenden und nach unten sich versteckenden Flockuli. Letztere habe ich nie extirpirt. Ihre Durchbohrung aber erzeugt keinerlei Symptome¹⁾.

Die Blutung ist bei jungen Thieren in den ersten Wochen nicht so stark wie bei mehr erwachsenen, aber in manchen Fällen erzeugt sie eine tiefe Depression, die mit dem Tode endet. Man findet dann Blut im vierten Ventrikel und selbst im obersten Spinalkanal. Auch wo die Blutung weniger gefährlich ist, wird sie im höchsten Grade bedenklich, weil sie hindert genau die Richtung der Trennung zu verfolgen und die Operation hierdurch oft unvollständig wird. Es bleiben Stückchen des Kleinhirns zurück. Dies ist drohender, wenn man sich des Messers bedient, als wenn man mit der komprimirenden langbranchigen Pinzette arbeitet.

1) Diese Flockuli sind nicht identisch mit der Flocke beim Menschen, auch nicht mit der Nebenflocke der Nagethiere, denn ich gebrauche hier diesen Namen für den ganzen Theil der Hemisphäre der nach aussen von den Schenkeln gelegen ist.

Bei starken Blutungen ist das beste die Operation ganz auszusetzen, bis man wieder sehen und die Führung des Instrumentes verfolgen kann. Hierdurch dauert das Technische des Versuches freilich oft mehrere Stunden, und man muss am wiedererwachten Thiere arbeiten. Letzteres ist unangenehm aber insofern indifferent, als das ganze Kleinhirn gefühllos ist und die Operation keine Spur von Schmerz verursacht, wenn man keinen Zug ausübt. Mit allen Mitteln die Blutungen rasch zu stillen war ich unglücklich, aber sehr nützlich und fast unentbehrlich erwies sich mir in diesen Fällen zu bedeutender Beschränkung der Blutung die Aqua emostatica balsamica von Simone Capodieci in Neapel. Seitdem ich zum ersten Male dieses, selbst die empfindlichsten Organe nicht reizende Blutstillungsmittel empfohlen (*sperimenti sul liquido emostatico balsamico*, Firenze 1866, Tipografia de A. Clemente) haben sich mir alle in meinem Bericht gemachten Angaben vollständig bestätigt.

Bei schichtweisem Abtragen des kleinen Gehirns, wie es von Flourens geübt worden, ist man freilich durch die Blutung nicht behindert, dem Messer zu folgen, aber wenn man sich den letzten Schichten nähert, werden Spalten zwischen Wurm und Hemisphären, wenn auch nur während des Schneidens, eröffnet. Es fliesst Blut in den vierten Ventrikel, es koagulirt daselbst und es entstehen hierdurch die von Flourens geschilderten, und vor ihm von Rolando beobachteten Erscheinungen. Wir haben hier das Bild einer lähmenden durch einzelne Reizsymptome komplizirten Apoplexie, Unfähigkeit zu jeder willkürlichen Bewegung, Unmöglichkeit selbst des ruhigen Stehens, krampfhafte Streckung einzelner Glieder, mit interkurrirendem Zucken in einzelnen Gelenken¹⁾. Es ist dies nicht, wie es Flourens auffasste, das Maximum, gleichsam der obere Grenzwert der Titubation, sondern eine wahre aber unvollständige Lähmung.

Ist es gelungen die Blutung so weit als erforderlich zu mässigen, so droht der Operation noch anderes Missgeschick. Hat man sich auch mit grosser Vorsicht, was nicht stets gelingt, vor der Verletzung des Bodens des vierten Ventrikels und des hintersten Randes der Vierhügel gewahrt, so kann man auf einer Seite etwas

1) Und auch hier beobachtete ich öfters das Erhaltenbleiben der Bewegungen des Schwanzes bei sogen. psychischen Eindrücken.

zu weit nach aussen gehen und Pedunkularsymptome mit Neigung des Körpers auf die Seite erzeugen. Diese Neigung fehlt oft in der Ruhe und tritt mit starker Deviation eines Fusses nach aussen beim Gehen so hervor, dass der Gang schwankend wird und nur bei genauer Untersuchung, die bei ganz kleinen durch die Operation geschwächten Thieren oft unmöglich wird, von dem cerebellaren zu unterscheiden ist. In manchen Fällen entsteht eine solche einseitige Funktionsstörung, ohne dass die Autopsie irgend Spuren zeigt, dass die Verletzung die vorgesetzte Grenze überschritten, dergleichen vorübergehende Uebergriffe der traumatischen Wirkung sind ja bekannt genug. Im eben besprochenen Fall ist der Uebergriff nicht einmal bedauerlich, da er nach einigen Stunden oder Tagen, wenn seine Wirkung verschwindet, Gelegenheit gibt Vergleiche anzustellen zwischen der Wirkung der symmetrischen Zerstörung des Cerebellum und der asymmetrischen nach einer Seite, die in das Schenkelgebiet überstrahlt.

Wir haben Symmetrie in der horizontalen Ausdehnung verlangt, damit eine Läsion des Kleinhirns für die sogenannte Coordination der Bewegungen gleichgültig bleibe. Es ist fast überflüssig hinzuzufügen, dass diese Symmetrie sich nur auf die überhaupt wirksame Zone zu beschränken hat. Ausserhalb und oberhalb derselben kann die Läsion, vorausgesetzt, dass sie nicht durch Druck wirkt, wahrscheinlich jede beliebige Gestalt und Ausdehnung haben. So erklärt es sich, dass oft ganz bedeutende Läsionen einer Hemisphäre ohne bemerkliche Symptome verliefen. Und wenn in andern Fällen eine ganz ähnliche Verletzung wirklich Schwanken erzeugte, hätte gewiss die mikroskopische Untersuchung einiger Vertikalschnitte (die nie durch die ganze Dicke zu gehen brauchen) einen Unterschied nachgewiesen. Zur raschen Voruntersuchung dickerer mit Glycerin befeuchteter Schnitte kann hier oft (ob immer?), der Polarisationsapparat mit grossem Nutzen angewendet werden, ganz in ähnlicher Weise, wie ich dies schon lange vom Rückenmark gezeigt habe.

Will man Versuche mit symmetrischer Zerstörung des Kleinhirns an älteren Thieren wiederholen, so muss man auf eigentliche Blosslegung verzichten. Man hat durch eine mehr oder weniger grosse, die Venen schonende, mediane Oeffnung im Occipitalknochen das kleine Gehirn durch mehrmalige Einführung eines Instrumentes und gleichmässige Führung desselben nach beiden Seiten

auszulöffeln, und ob etwas von demselben zurückbleibt und noch mehr ob die Zerstörung in den wirksamen Schichten symmetrisch ist, hängt hierbei mehr oder weniger von einem launischen Zufalle ab, von dem ich oft wochenlang geäfft wurde. Trotzdem gelang es auch auf diese Weise in einzelnen Versuchen, die Richtigkeit der hier skizzirten Ansichten zu bestätigen und hat man erst klare Fälle gesehen, so darf man als eine weitere Bestätigung auch diejenigen Fälle mit hinnehmen, in welchen die Thiere, welche nach wenigen Tagen oder Wochen mit spastischen oder paralytischen (letztere sah ich nie allein) Symptomen zu Grunde gehen, eine blose blutige Zermalmung und Qetschung der zurückgebliebenen Theile des Kleinhirns zeigen, wobei die Hauptmasse desselben entfernt ist, und kein zwischen den beiderseitigen Schenkeln gelegener Theil sein normales Aussehen gewahrt hat. Wenn nämlich diese Thiere vor dem Eintritt der Meningitis, also in irgend welcher Periode nach der Operation gehörige und koordinirte, wenn auch geschwächte Geh- und Sprungbewegungen ohne Zittern ausführen konnten. Doch gestehe ich, dass ich auf solche Versuche allein keinen besonderen Werth gelegt hätte, wenn mir nicht andere zur Seite gestanden.

Auch andern Experimentatoren ist es gelungen, einzelne Thiere zu beobachten, denen das Kleinhirn fast ganz zerstört war. Die älteren Beobachtungen, die ich in der ausführlichen Abhandlung weiter zu besprechen hoffe, sind nicht ganz klar, weder Magendie, noch Brown-Sequard geben uns eine nähere Beschreibung ihrer Methode, und des Erfolges ist blos so weit Erwähnung gethan, dass der Widerspruch mit der Ansicht von Flourens hervorgehoben wird, Foderá hat bei Säugethieren nichts Neues gesehen, Interessant ist aber ein von ihm erzählter Versuch an einer Taube (Magendie Journal, III 1823 pg. 211), der mir bei Abfassung meiner ersten Mittheilung entgangen war und den ich schon hier im Auszug wiedergebe. Es handelt sich um schichtweise Abtragung.

Nach Entfernung der obersten Schicht des Kleinhirns blieb Gang und Flug normal, ein tieferer Schnitt erzeugte Wanken, Umfallen nach vorn, stete Agitation. Nach noch weiterer Zerstörung kam auch Rückwärtsweichen beim Gehen. Nun wurde der ganze Rest des Kleinhirns zerstört, so weit dies geschehen konnte, ohne Gefahr zu laufen das verlängerte Mark zu schädigen. Wenn das

Thier angeregt wurde, schritt es jetzt ganz wie gewöhnlich, in die Luft geworfen schlug es regelmässig mit den Flügeln, und es „fiel“ im Gleichgewicht auf seine Füsse. Nach einiger Zeit aber machte die seitdem unberührt gebliebene Taube wieder unregelmässige Bewegungen, wenn man sie zum Gehen antrieb, sie schwankte und nach noch einer Viertelstunde konnte sie sich nicht mehr auf den Beinen halten, die krampfhaft starr gestreckt waren. Solche Beobachtungen, von denen der Verfasser sagt, dass sie zu seinen am besten gelungenen Versuchen gehören, hätten doch seine Zeitgenossen und ihre späteren Nachfolger zur Vorsicht ermahnen sollen. Offenbar haben wir hier in der vollständigen Exstirpation eine Korrektion der partiellen und die erst nach einer Pause auftretenden Enderscheinungen sind eine Folge der Hämorrhagie in der hinteren Schädelgrube.

In neuester Zeit ist es beim Hunde Luciani gelungen, fast das ganze Kleinhirn auszulöffeln, kleine Fragmente die an den Meningen hängend übrig blieben, scheinen geschrumpft und verhärtet zu sein, und gehören zum grossen Theil nicht der unteren Schicht an. Luciani wird wohl selbst nach mikroskopischer Untersuchung eine genauere Beschreibung des sehr interessanten Präparates geben, das er mir vor einigen Wochen zu zeigen die Güte hatte. Die Asymmetrie in den zurückgebliebenen, im Weingeist fast pergamentartig gewordenen Resten ist hier jedenfalls sehr gering, aber dennoch waren Bewegungsanomalien vorhanden. Mit Recht insistirte zwar Luciani noch vor dem Tode des Thieres (*Atti della soc. medicofisica de Firenze* 1882 — Dicembre.) darauf, dass hier keine Coordinationsstörungen vorlagen, aber die Bewegungen waren wie er sagt zaudernd langsam, oft wie wenn eine Muskelkontraktion sich aus mehreren Theilkontraktionen zusammensetzte und das Thier fiel im Laufen leicht zu Boden oder stolperte. Es war hier offenbar während der Erholung des zuerst sehr deprimirten Thieres eine Meningitis eingetreten, die später wieder verschwand.

Bianchi in Neapel (*Sulle compensazioni della corteccia cerebrale*, abgedruckt aus *La Psichiatria* 1883. Auch in *Rivista sperimentale de Freniatria Annata VIII* pg. 436) hat bei einem 18-tägigen Hunde durch Einspritzen von 2% Chromsäure den grössten Theil des Kleinhirns theils desorganisirt, theils zerstört. Es ist nach seiner Beschreibung nicht ganz klar, (die mikroskopische

Untersuchung fehlt), wie viel wirklich erhalten ist, aber nur der allervorderste nach oben umgebogene Theil des Unterwurms, so wie von den Seitentheilen nur der am meisten nach innen gelegene Theil der untersten Schicht boten normales Aussehen dar. Der Hund bewegte sich frei, lief, sprang, spielte wie ein normaler. Die Bewegungen waren aber langsamer, er ermüdete leicht in seinen Bewegungen und zeigte häufig das Bedürfniss zu ruhen. Ausserdem bot er nicht in seinem Benehmen, aber in seiner Ernährung einige Eigenthümlichkeiten auf die wir später zurückkommen. Er wurde nach etwa 3 Monaten unabsichtlich getödtet.

Diese Langsamkeit in den Bewegungen und besonders das grössere Ruhebedürfniss war auch mir in der ersten Versuchsreihe aufgefallen, in der ich grössere symmetrische Strecken des Kleinhirns oder auch nur den ganzen Wurm zerstört hatte, und hierauf gründet sich mein Ausspruch in der ersten Mittheilung, dass die Operation die Bewegung schwäche. Jetzt muss ich indessen nach neueren Erfahrungen hinzufügen, dass dies häufig aber durchaus nicht immer bemerkbar ist. In einzelnen Fällen habe ich kürzere oder längere Zeit nach der Verletzung das Ruhebedürfniss abnehmen und verschwinden sehen, aber stets, selbst bei Katzen und Eichhörnchen war es im Anfang vorhanden, wenn auch die Thiere, wenn sie ausgeruht waren oder wenn man sie aus ihrem Schlaf erweckte, sich noch so lebhaft und gewandt bewegten.

Es scheint mir auch, aber bestimmt vermag ich mich noch nicht darüber auszusprechen, dass Thiere, denen vor der Erlernung der komplizirteren Bewegungsformen das Kleinhirn in der angegebenen Weise lädirt ist, langsamer die Bewegungen erlernen und länger bei ihren Säuglingsmanieren beharren. Dies mag indess mit den bald zu besprechenden Modifikationen der allgemeinen Ernährung zusammenhängen.

Ich habe schon bei einer anderen Gelegenheit vor vielen Jahren Bedenken gegen die Verwendung von angeborenen Hirndegenerationen für physiologische Zwecke ausgesprochen. Aber gerade beim Kleinhirn, wo es so sehr schwer und nur mit Opfer vieler Thiere gelingt, brauchbare Läsionen zu erzeugen, ist die Versuchung besonders gross, aus zufällig gefundenen Läsionen und Atrophien Schlüsse zu ziehen. Jedenfalls dürfen, wenn dies überhaupt erlaubt ist, nur die in maximo ausgesprochenen Atrophien und

Degenerationen benutzt werden. Und diese sprechen ohne Zweifel ganz zu Gunsten der hier vorgetragenen Ansichten. Ein Fall von angeborener Kleinheit beim Kaninchen, der ganz dem berühmten Fall von Combette beim Menschen an die Seite zu stellen ist, indem der ganze zwischen den Schenkeln gelegene Theil des Kleinhirns, Hemisphären und Wurm zu einem schmalen dünnen Bande entartet war, dass zwischen den vorragenden pedunculis eine tiefe Depression bildete, ist in Bern beobachtet worden und soll in der ausführlichen Abhandlung genauer beschrieben werden. Die Querfasern des Pons waren hier nicht, wie im Falle von Combette, atrophisch, die Bewegung der Hinterfüsse beim Springen war normal und kräftig. Ein vorläufige Notiz über diesen Fall in meinen *Lezioni di Fisiologia del sist. nerv. encefalico. compilat da Marchi. 2^{da} ediz. Firenze 1873 pg. 404.* Viele andere Fälle sind weniger ausgesprochen und es handelt sich bei ihnen nur um mässigere Volumsverminderungen einzelner Regionen des Kleinhirns.

Um nach dieser langen — aber belangreichen — Einschaltung unsern Faden wieder aufzunehmen, müssen wir schliessen, dass der Einfluss assymmetrischer Kleinhirnverletzungen nicht einfach im Wegfall einer Hemmung für die den willkürlichen assoziirten Bewegungen besteht und wir müssen versuchen eine andere provisorische Formel zu finden, die mit den Thatfachen im Einklang, im besten Falle ihr Bild fixiren und zum Ausgangspunkt neuer Aufgaben dienen kann.

Jedoch auch unter so bescheidenen Ansprüchen scheinen die vorliegenden Thatfachen und Beobachtungen noch nicht genügend eine solche Formel aufzustellen, und es ist besser damit zu warten, bis vielleicht in einer folgenden Mittheilung noch weitere Ergebnisse experimenteller und wie ich hoffe pathologischer Forschungen ihr eine mehr sichere und überzeugende Basis bereitet haben. Wenn wir auch vorläufig sagen wollten, dass im Kleinhirn Apparate liegen, welche alle bei einer komplizirten Bewegung auftretenden Muskelaktionen verstärken, sowohl die stärkeren Zusammenziehungen, welche die eigentliche Bewegung erzeugen, als die sehr viel schwächeren, welche nur Glied und Gelenke fixiren und den Hebeln ihren Stützpunkt bereiten sollen, Zusammenziehungen, welche einzeln genommen zu den eigentlich lokomotorischen Contractionen sehr oft in einem antagonistischen Verhältniss stehen; wenn wir ferner annehmen, dass diese Apparate zu beiden Seiten

der Längsmittlebene mit einer „gewissen“ Symmetrie so angeordnet sind, dass erst durch das Zusammenwirken der beiden symmetrischen Organgruppen bei einer gewollten Bewegung das richtige und zweckmässige Kraftverhältniss der einzelnen Contractionen hergestellt wird, dass aber bei einseitigem Ausfall unharmonische Zusammenziehungen einzelner Mnskeln, die eigentlich im Vereine mit anderen nur fixiren und nicht bewegen sollten, die Richtung des Gliedes und damit die Richtung der normal begonnenen, aber an sich schon theilweise geschwächten Bewegung ändern, so haben wir freilich viele der beobachteten Erscheinungen unter einen gemeinschaftlichen Gesichtspunkt gebracht.

Aber nichts bürgt dafür, dass dieser Gesichtspunkt der richtige ist. Nichts erklärt uns, wozu eine Verstärkung dient, deren Wegfall durch Uebung so weit zu überwinden ist, dass die Bewegung ganz ohne sichtbare Störung erscheint. Und wenn ich sage, dass er durch Uebung zu überwinden sei, so habe ich damit die allerdings bei weitem an Zahl überwiegenden Fälle im Auge, in denen nach Ablauf der ersten traumatischen Periode die Bewegungen noch längere Zeit im allgemeinen geschwächt erscheinen. Wo diese Schwäche aber, wie in andern selteneren Fällen, für unser Auge nicht hervortritt, müssen wir annehmen — und die Langsamkeit der Bewegung bei den hierhergehörigen jungen Hunden und Katzen stützt diese Ansicht — dass die Bewegungen trotz ihrer regelmässigen Physiognomie dennoch anfangs nicht mit normaler Kraft geschehen. (Vergl. unten über das viele Schlafen aller so operirten Thiere.)

Und was wissen wir über die Natur, den Mechanismus der hier angenommenen Verstärkung der Bewegungen? Sie ist uns so unbekannt, dass eine Erklärung, die man auf sie bauen wollte, sicher in den Fehler des „*obscurum per obscurius*“ verfiel. Aber man erinnere sich, dass wir nicht eine Erklärung, sondern nur eine Formel auf sie stützen wollten. Und ob dieses zulässig ist möge jeder Leser selbst prüfen.

Vorläufig sind wir am Ende. Als ich mich als Resultat meiner ersten Mittheilung zu dem Schlusse hingedrängt fühlte, die Funktion des eigentlichen Kleinhirns (abgesehen von den Fortsetzungen der mittleren Schenkel) sei unbekannt, wurde dieser von vielen Autoren als einseitig getadelt, als unwahr verworfen. Leider komme ich auch heute, trotz der durch neue Versuchsmethoden und andere

Versuchsthiere erweiterten Kenntniss einzelner Thatsachen zu keinem, wesentlich andern Resultate, wenn ich gestehen muss: Die Funktion des grösseren Theils des Kleinhirns ist unbestimmt und die der wenigen wirksamen Theile ist unbegriffen.

Oben ist gesagt worden, dass erwachsene Thiere in der Regel erst nach kürzerem oder längerem Zuwarten die eigentlichen und bleibenden Symptome der Kleinhirnverletzungen zeigen. Die Zwischenzeit ist durch die unmittelbaren Folgen des traumatischen Reizes und dessen Verbreitung ausgefüllt. Die Reizsymptome bieten nach Operationen am Kleinhirn mancherlei eigenthümliche Erscheinungen, mit denen wir uns in einer folgenden Mittheilung besonders beschäftigen wollen, in welcher wir auch noch einige andere in der ersten Zeit nach der Verletzung auftretende Funktionsstörungen zur Sprache bringen werden.