

Der Verlauf der motorischen und sensiblen Bahnen durch das Lendenmark des Kaninchen.

Von

Dr. Woroschiloff.

(Mit 11 Holzschnitten und Taf. I—XVII.)

Die Beobachtungen von *Miescher*¹⁾, *Nawrocki*²⁾ und *Dittmar*³⁾ enthielten für mich eine Aufforderung zu neuen Versuchen über den Verlauf der motorischen und sensiblen Leitungsbahnen im Rückenmarke. Nach den Erfahrungen der beiden ersteren verlaufen sensible Fortsetzungen des n. ischiadicus innerhalb des Lendenmarkes ausschliesslich durch die Seitenstränge zu den reflectorischen Gefässcentren der medulla oblongata empor. Es blieb zu erörtern, ob sich auf demselben Wege auch die Fasern bewegen, welche Reflexe in den Skelet- und Hautmuskeln hervorrufen. Von *Dittmar* war erwiesen worden, dass die verengenden Gefässnerven durch die Seitenstränge aus dem verlängerten Marke in die vorderen Nervenwurzeln übergehen. Also erhob sich auch hier die Frage, ob sich alle Fasern der vorderen Wurzeln in diesen Bahnen vereinigen finden. Wenn die Beobachtungen von *Miescher*, *Nawrocki* und *Dittmar* nach den bezeichneten Richtungen hin erweitert werden sollten, ohne den hohen Grad von Sicherheit, welcher ihnen eigenthümlich war, einzubüssen, so mussten ihre Methoden nach verschiedenen Richtungen hin abgeändert werden. Das Verfahren, welches die genannten Beobachter übten, bestand, wie bekannt, darin, dass sie bei dem curarisirten Thiere das Mark an einer beschränkten Stelle bloss legten, in dieses an einem gewählten Orte ein Schutzmesserchen einsenkten und dann erst die auf der einen Seite der Klinge gelegenen Stränge

1) Diese Berichte 1870, 404.

2) Ibid. 1871, 585.

3) Ibid. 1873, 479.

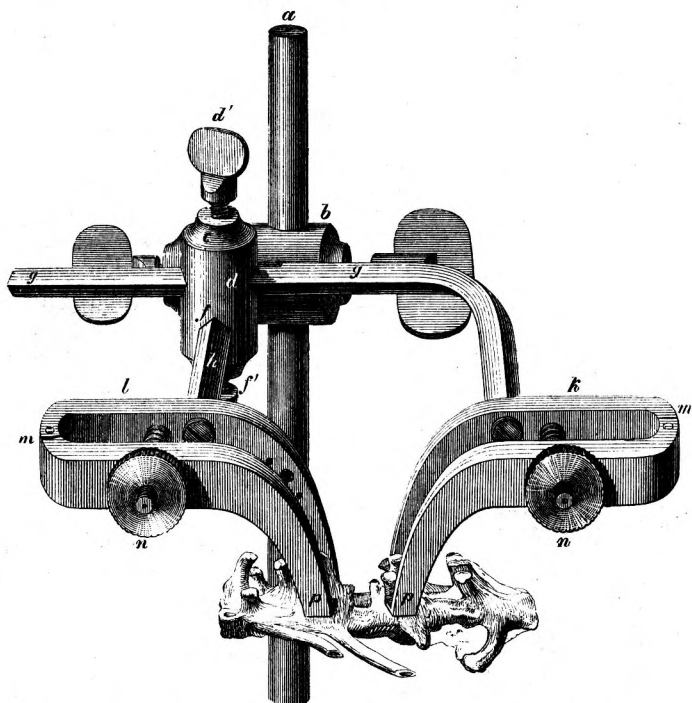
durchtrennten, so dass das Rückenmark ober- und unterhalb des Schnittes nur noch durch die wohl erhaltenen Faserungen zusammenhing, welche sich auf der anderen Seite des Messerschens befunden hatten. Je nachdem man erfahren wollte, ob durch diese Brücke sensible oder motorische Fasern verliefen, wurden Nerven, die entweder unter- oder oberhalb des Schnittes entspringen, gereizt. Zur Vergewisserung über den Erfolg des Reizes genügte es, die Aenderungen der arteriellen Blutspannungen festzustellen, welche während seiner Anwendung eintreten. Nach dem Tode gaben die unter dem Mikroskope untersuchten Durchschnittchen des gehärteten Markes den genaueren Nachweis von der Grösse der angebrachten Verletzungen, beziehungsweise der im Leben erhaltenen Marktheile.

Die Veränderungen, die diese Methode erfahren musste, damit sie für meine Zwecke brauchbar wurde, habe ich unter dem fortwährenden Beirath des Herrn Prof. C. Ludwig ausgeführt. Das Wesentliche derselben besteht in Folgendem.

a. Wenn die Leistungen der Reize an den Bewegungen der Skelettmuskeln geprüft werden sollten, so durfte das operirte Thier zu der Zeit wo die letztern zu erwarten waren, nicht mit Curare vergiftet, während der Rückenmarksdurchschneidung dagegen musste es so unbeweglich sein, dass sich die Operation mit voller Ruhe und Sicherheit ausführen liess. Zur Erfüllung dieser Forderungen habe ich zwei verschiedene Wege eingeschlagen. Anfangs wendete ich eine unvollkommene Vergiftung mit Curare an; während des Höhestadiums derselben, wo dem Thiere eine äusserst schwache Beweglichkeit zu Gebote stand, vollführte ich die Durchschneidung des Markes. War diese geschehen und die Wunde vernäht, so wurde die künstliche Athmung so lange fortgesetzt, bis das Thier wiederum zu seiner vollen Beweglichkeit gelangt war; eine schwache Vergiftung vorausgesetzt sind hierzu mindestens zwei Stunden nothwendig. Obwohl dieses Verfahren nicht ganz zu verwerfen ist, so bleibt es doch keineswegs frei von Tadel, der sich vorzugsweise durch den Zustand begründet, in welchem die Muskeln auch nach scheinbar vollkommener Wiederkehr der Beweglichkeit zurückbleiben. Er ist durch ein Zittern gekennzeichnet, welches bald nur die Muskeln der Extremitäten, bald auch die des Rumpfes ergreift; hierdurch werden natürlicherweise die Erfolge der Reizung mit mancherlei Unsicherheiten behaftet.

Bei dem zweiten Verfahren, das auf unvergiftete Thiere anwendbar ist, wurde der Wirbel, innerhalb dessen das Rückenmark durchschnitten werden sollte, unverrückt befestigt. Da ich auf diesem Wege zu vollkommen sicheren Erfolgen gelangt bin, so habe ich ihn schliesslich allein betreten. — Die Fixation des betreffenden Wirbels besorgt eine Zange, die mittelst eines Statives an dem Operationsbrette befestigt ist. Je nach dem Orte der Wirbelsäule, welcher benutzt werden soll, müssen die Arme der Zange besonders gestaltet sein. Da ich mich in dieser Abhandlung im Wesentlichen auf die Beschreibung der Versuche beschränken werde, welche ich über den Verlauf der Leitungs-

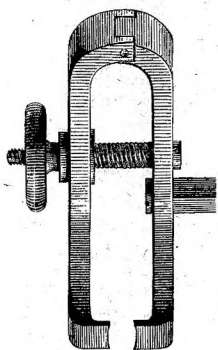
Fig. 4.



bahnen im Lendenmark angestellt habe, so schildere ich auch nur den Bau der Zange, die sich für die Fixation des untersten Brust- und des obersten Lendenwirbels eignet. Das Stativ der Zange (Fig. 4) besteht aus einem eisernen Stäbe *a*, der in be-

kannter Weise auf einer Schraubenklemme sitzt, die an jedem beliebigen Rande des Operationsbretes anzubringen ist. Auf dem Stabe *a* läuft eine Messinghülse *b*, welche durch eine Schraube auf jeder Höhe des Stabes *a* festgestellt werden kann. An diese Hülse *b* ist eine zweite *c* festgelöthet, die zwei Durchbohrungen trägt. Die Bohrlöcher sind auf ihrem Querschnitte von prismatischer Gestalt, das eine derselben *d* durchsetzt die Hülse *c* um einige Millimeter höher als das andere *f* und ausserdem stehen die Axen der beiden Durchbohrungen senkrecht zu einander. Auf den entgegengesetzten Basen der Hülse *c* treten zwei Schrauben *d'* und *f'* ein, welche die prismatischen Stäbe *g* und *h* einklemmen können, die durch die Bohrlöcher *d* und *f* durchgesteckt sind. An dem einen Ende jedes dieser beiden Stäbe sitzt mit einer Schraube befestigt je ein Arm der beiden Zangen *k* und *l*. Der Stab *h* geht gerade gegen den entsprechenden Arm der Zange *l*, der Stab *g* dagegen macht, um zum Zangenarm *k* zu gelangen, eine Biegung nach unten. Die beiden Zangen, zu deren Beschreibung ich nun übergehe, sind im Wesentlichen gleich gebaut, sie bestehen aus je zweien nach unten gebogenen Armen, die bei *m* durch ein Scharnier verbunden sind. Beide Arme können durch die Schraube *n* gegen einander geführt werden. Am untersten Theile der beiden Zangen-

Fig. 2.



arme (Fig. 2) ragen unter rechten Winkeln zwei kurze Stückchen hervor, deren freies Ende dazu bestimmt ist, die Wirbelknochen anzugreifen. Um diese mit Erfolg festhalten zu können, sind jene so ausgeschnitten, dass sie gerade in je eine kleine Vertiefung des Knochens hineingreifen, welche unterhalb des schiefen Fortsatzes vorhanden ist. Die eine dieser beiden Zangen fasst unter dem schiefen Fortsatz des Wirbels, innerhalb dessen das Rückenmark durchschnitten werden soll, während sich die zweite Zange unter den entsprechenden Fortsatz des nächst-

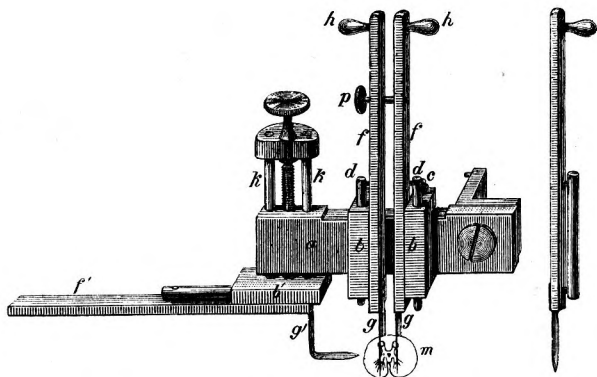
tieferen Wirbels legt. Da die Knochenmasse an den genannten Stellen des letzten Brust- und ersten Lendenwirbels sehr fest ist, so können die Zangen scharf gegen einander geschraubt werden. Ist dieses geschehen, so ist auch der umfasste Theil

der Wirbelsäule unbeweglich festgestellt und jede weitere Hülfe eines Assistenten zur Vollendung der Operation unnöthig.

b. Mit der Anwendung der beschriebenen Zange verbindet sich noch der weitere Vorthail, dass nun den Schutzmesserchen, welche zur sichern Abgrenzung des Schnittes in das Mark eingesetzt werden sollen, eine vollkommnere Gestalt und Führung gegeben werden kann. Die Messerchen selbst sind nämlich auf einem Schlitten anzubringen, der an einen Arm einer der Zangen geschraubt werden kann. Dieser Schlitten ist in seiner Vorderansicht durch den Holzschnitt 3 versinnlicht. Die Figur lässt erkennen, dass die Messer in senkrechter oder in horizontaler Richtung das Mark *m* durchbohren können, je nachdem sie auf die Abtheilung *a*, oder *b'* des Schlittens gesetzt werden. Auf der Kante der Abtheilung *a* laufen zwei Bügel *b*, die mit Hülfe eines Uhrschlüssels durch das Schraubchen *c* an jedem Orte der Kante festzustellen sind. Jeder dieser Bügel trägt an der Seite, die er dem anderen zukehrt, eine Nute, welche auf dem Querschnitt die Gestalt von mehr als einem Halbkreis besitzt. In dieser Nute bewegt sich (siehe Fig. 4) ein Stahlstab *d*, der an die Schiene *f* angelöthet ist, welche an ihrem unteren Ende das Schutzmesserchen *g*, an ihrem oberen dagegen den Griff *h* trägt. Die

Fig. 3.

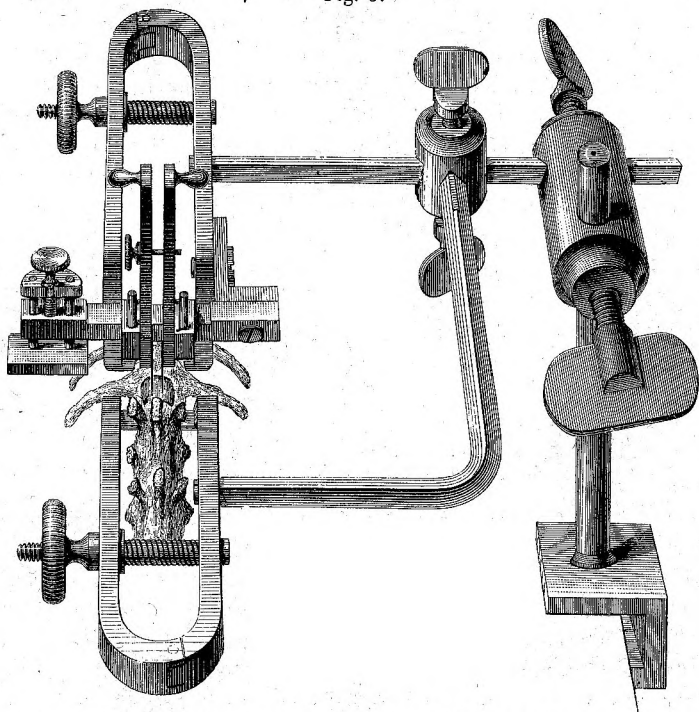
Fig. 4.



eben geschilderte Einrichtung gestattet es, das Schutzmesserchen zunächst jedem gewünschten Theile der Markoberfläche gegenüber zu stellen und dann, nachdem der Bügel *b* hier festgeschraubt ist, das Messer senkrecht durch das Mark zu führen.

Will man das Mark in senkrechter Richtung gleichzeitig zweimal durchbohren, so ist es gerathen, vorerst jedes der beiden Messerchen dem verlangten Orte der Oberfläche gegenüber zu bringen und darauf zunächst die beiden Schienen in ff durch die Schraube p zusammenzuhalten und nun mit einem Male die beiden Messer in das Mark zu versenken. — Was durch die Abtheilung a für den senkrechten, soll durch die Abtheilung b' für den horizontalen Schnitt durch das Mark geleistet werden. Da der Raum innerhalb der Muskelwunde nicht genügt, um die Schiene f' , welche das Schutzmesserchen trägt, aufnehmen zu können, so wurde diesem letzteren g' eine Bajonnetform gegeben. Die Führung b' ist auf eine Schraube k gesetzt, sodass das Messerchen in verschiedenen Höhen dem Marke gegenüber gestellt werden kann. Die Fig. 5 giebt schliesslich eine Anschauung von

Fig. 5.



der Lagerung des Apparates über der Wirbelsäule, wenn derselbe aus allen ihm zugehörigen Stücken zusammengesetzt ist.

Bei der beschriebenen Einrichtung der Schutzmesser kann die Auswahl der Orte, in welchen sie eingestochen werden sollen, mit grosser Genauigkeit unter Anwendung der Lupe geschehen und es kann jede beliebige Verbindung von senk- und wagerechten Schnitten durch das Mark ausgeführt werden.

Durch eine geringe Abänderung in den Stellungen der messerführenden Schienen kann man auch Schnitte durch das Mark führen, welche gegen einander geneigt sind. In Tafel III, p. 447 ist ein Beispiel einer Verstümmelung gegeben, die zwischen zwei gegen einander geneigten Messerchen ausgeführt wurde; trotzdem dass ich öfter von dieser Anordnung der Messerchen Gebrauch gemacht habe, unterlasse ich eine Beschreibung des hierzu benutzten Apparates, weil er in mancher Beziehung noch der Verbesserung bedarf.

Mit der Sicherheit des Einführens der Messerchen wetteifert jetzt auch die Bequemlichkeit des Markschnittes. Die Schutzmesserchen und der Wirbel, innerhalb dessen operirt wird, stehen unverrückt, da die Bewegungen, welche dem Thiere trotz seiner Befestigung auf dem gewöhnlichen Kaninchenbrette noch möglich sind, sich auf den betreffenden Wirbel auch nicht einmal spurweise erstrecken können.

c. Da es zunächst in der Absicht lag, die sensiblen und motorischen Bahnen der hinteren Extremitäten in ihrem Verlaufe durch das Lendenmark zu prüfen, so war auch der Ort, an welchem die Durchschneidung stattzufinden hatte, von vorn herein bestimmt. Die Durchschneidung des Markes durfte nicht zu entfernt von den Ursprüngen der betreffenden Nerven vorgenommen werden, aber auch nicht so nahe an denselben, dass die Nervenwurzeln schon vor ihrem Eintritt in die graue Masse verletzt wurden. Diesen Forderungen gemäss musste das Operationsfeld in die unteren Brustwirbel verlegt werden. Nachdem eine Zahl vergleichender Versuche dargethan hatte, dass es für den Erfolg gleichgültig war, welcher der unteren Brustwirbel benutzt wurde, habe ich mich in der Regel des untersten Brustwirbels bedient, weil sich hier das Mark am bequemsten blosslegen lässt, weil die dichte Knochensubstanz die Gefahren der Blutung verringert und weil die relative Grösse und Festigkeit des Wirbels das Anlegen der Zange erleichtert.

d. Der Gang des Verfahrens, welches schliesslich zur iso-

lirten Durchschneidung eines Rückenmarktheiles führte, war kurz folgender. Zuerst setzte ich in die Luftröhre des Thieres eine Cantile mit möglichst grosser Lichtung, weil ich bemerkt hatte, dass hierdurch die venösen Blutungen, welche bei krampfhaften Bewegungen der Brust so leicht aus den Wirbelvenen eintreten, leichter vermieden werden. Nachdem hierauf das Kaninchen mit dem Rücken nach oben auf dem Brete befestigt war, wurde der letzte Brustwirbel nebst den benachbarten Knochentheilen entblösst, was, wie bekannt, ohne jeglichen Blutverlust geschehen kann. Darauf wurden die Zangen an die schiefen Fortsätze des obersten Lenden- und letzten Brustwirbels eingesetzt und mittelst eines kleinen Trepans der Bogen des Wirbels durchbohrt. Von dieser Oeffnung aus wurden darauf mit einer feinen Knochenzange die Seitentheile des Bogens weggebrochen unter stetiger Beachtung der schon von *Miescher* gegebenen Vorschrift sich möglichst entfernt von dem oberen und unteren Ende des Wirbels zu halten, weil hier die sinuösen Venen des Wirbelcanals weit höher als in der Mitte gegen den Bogen emporsteigen. Nach Entblössung der harten Hirnhaut wurden die Messerchen beziehungsweise der Führungs-Rahmen mit aller Sorgfalt dem Orte des Markes gegenüber gestellt, in welchen jene eingestochen werden sollten.

Bevor jedoch dieses selbst geschah, durchschnitt ich zuerst die harte Hirnhaut mit einem feinen und scharfen Messerchen, eine Massregel, die der Sicherheit zu Gute kommt, mit welcher das Schutzmesserchen die gewünschte Trennungslinie einhält. Jetzt erst wurden die Schutzmesserchen vorsichtig durch das Mark geführt, bis ihre Spitzen den gegenüber liegenden Knochen berührten. Darauf endlich folgte die Durchschneidung der von vorn herein bestimmten Orte. Nachdem die Schutzmesserchen herausgezogen waren, wurden die Zangen entfernt, die Wunde sorgfältig vernäht und entweder sogleich oder auch nach einer Stunde mit den Prüfungen der Functionen begonnen.

Zur Ermittlung der noch vorhandenen Leitungsfähigkeit bediente ich mich der Erregung sensibler Flächen unter Beobachtung der hierdurch ausgelösten Bewegungen, ferner des Verhaltens der Gliedmassen beim Sitzen und Laufen und endlich der Bewegungen, welche im Körper namentlich aber in den Beinen eintraten, während das unter dem *calamus scriptorius* durchschnittenene Mark tetanisch gereizt wurde. Die besondere

Art des hierbei eingeschlagenen Verfahrens verdient eine genauere Beschreibung.

e. Reizungen empfindlicher Flächen und Beobachtungen der erzielten Reflexbewegungen. — Die dem Reize ausgesetzten Orte waren die Ohren, die Hinter- und die Vorderpfoten. Die mit dieser Wahl verbundene Absicht ist leicht zu errathen. Wenn auf eine Reizung des Fusses Bewegungen der Arme und des Kopfes eintraten, so musste sich die sensible Erregung durch die verstümmelte Rückenmarksstelle nach oben hin fortgepflanzt haben, und umgekehrt, wenn in Folge einer Reizung der Vorderpfoten und der Ohren Bewegungen in den Beinen entstanden, so musste in dem noch erhaltenen Theile des Rückenmarkes eine motorische Bahn liegen, welche das verlängerte mit dem Lenden-Mark verknüpfte.

Als Reizmittel habe ich immer und zwar nach einander zu dem Inductionsstrome und zum Druck mit meinen Fingern gegriffen. Durch den Inductionsstrom erlangte ich den Vortheil, die Stärke des Reizes auf einen bestimmten Körpertheil mit grosser Genauigkeit abzustufen und wenigstens annähernd schätzen zu können, wie sich die Erregbarkeit zweier gleichnamigen Theile der beiden Körperhälften zu einander verhielt. Um dieser Vortheile sicher zu sein, wurden die Electroden, welche aus feinen Nadeln bestanden, in allen Fällen beiderseits durch die gleichnamigen Zehen gesteckt und dieses zwar in der Weise, dass sie überall gleich tief und gleich weit entfernt von einander eingesenkt wurden. Die überspannenen Drähtchen, welche von den Nadeln ausgingen, tauchten in isolirte Quecksilbernäpfchen, zu welchen nach Belieben die beiden Enden der secundären Spirale eines Schlittenapparates gebracht werden konnten. In den primären Kreis war ein Grove eingeschaltet. Bei der Anwendung dieses Verfahrens wurde jedesmal mit dem Aufsuchen des Rollenabstandes begonnen, bei welchem sich die ersten Spuren der reflectorischen Zuckungen bemerkbar machten und dann allmählig die Rollen einander genähert, bis es zur Auslösung maximaler Reflexe kam. Zwischen je zwei Reizungen verstrichen mehrere Minuten. Mit dieser Einrichtung bin ich insofern sehr zufrieden gewesen, als damit eine grosse Uebereinstimmung in den Einzelbeobachtungen an demselben Thiere zu erzielen war, denn es fanden sich nicht allein bei der wiederholten Reizung des gleichen Ortes die minimalen und maxi-

malen Reflexe jedesmal bei fast demselben Rollenabstand ein, es stellte sich meist sogar heraus, dass bei der Reizung zweier gleichnamigen Orte der beiden Seiten die minimalen Reflexzuckungen bei sehr annähernd gleichem Rollenabstand sichtbar wurden. Wollte man es auch für einen Zufall erklären, dass die minimale Reflexzuckung durch nahezu gleichstarke Inductionsströme von denselben Zehen beider Füße hervorgerufen wurden und somit den Schluss nicht gestatten, dass die Empfindlichkeit beiderseits dieselbe gewesen sei; so würde man damit doch einen anderen Vortheil des beschriebenen Verfahrens nicht beseitigt haben. Einen solchen finde ich aber darin, dass man bei der gewählten Reizungsmethode entscheiden kann, ob durch gleiche Zuwüchse der Stromintensität beiderseits gleiche oder verschiedene Aenderungen in der Stärke der reflectorischen Zuckungen auszulösen sind.

Wenn ich neben den Inductionsschlägen auch noch den mit meinen Fingern auf die Pfoten und Ohren ausgeübten Druck als Erregungsmittel angewendet habe, so geschah dieses wesentlich deshalb, weil die öfter ausgesprochene Behauptung geprüft werden sollte, ob ein Druck noch dann wirksam sei, wenn die electrischen Reize zur Hervorrufung von Reflexen versagen. Hier kann gleich bemerkt werden, dass ich diese Angabe nicht bestätigt gefunden habe, denn es wirkte im Allgemeinen ein sanfter Druck wie ein grosser, ein härterer dagegen wie ein geringerer Abstand der Inductionsrollen.

An die Beschreibung des Verfahrens, die sensiblen Nerven zu reizen, schliesse ich noch eine vielleicht nicht ungehörige Bemerkung an. Oft hat man bemerkt, dass an Thieren, denen die Grosshirnklappen abgetragen waren, die Reflexe regelmässiger als bei Erhaltung der genannten Theile eintraten. Um deshalb die Wirkungen der sensiblen Reize von den Zufälligkeiten unabhängig zu machen, die innerhalb des grossen Gehirns auftreten können, durchschnitt ich in sehr vielen Fällen das Hirn vor den Vierhügeln durch zwei Trepanöffnungen, die in den Schädel gebohrt waren. Nach dieser Operation bin ich jedoch nicht in die Lage gekommen, mehr als ohne dieselbe zu sehen. Darum habe ich diese Complicationen des Versuches später ganz unterlassen. Hiermit soll nicht gesagt sein, dass es bei einer Verschärfung der Beobachtungsmittel auch künftighin unmöglich wäre, durch den genannten Eingriff neue Beziehungen

zwischen dem Rückenmark, dem Gehirn und den Gliedmassen aufzudecken.

f. Bei dem Auftreten der reflectorisch ausgelösten Bewegungen wurde beobachtet: der ergriffene Ort, ob Beugung oder Streckung oder ein Wechsel beider eintrat, wie stark und wie oft wiederholt die Zuckungen erschienen. Auf diese Beobachtungen musste ich mich beschränken, einestheils weil sie genügend sind, um die Aufmerksamkeit vollauf zu beschäftigen, dann aber darum, weil beim gegenwärtigen Standpunkt unserer Einsicht in die Mechanik der Glieder zu einer weitergehenden Zerlegung der Bewegungen die Präparation einzelner Muskeln nothwendig gewesen, von der jedoch wahrscheinlich bedeutende Nachtheile für die Reizbarkeit der sensiblen Nerven zu fürchten waren. Das Bestreben, die Methode der Rückenmarksversuche zu verbessern, wird somit an dieser Stelle einen dankbaren Angriffspunkt finden.

g. Nachdem diese Beobachtungsreihen an dem Thiere, das bis dahin noch auf dem Operationsbrette lose angebunden lag, ausgeführt waren, wurde dasselbe entfesselt auf den Boden gestellt und nun beachtet, wie das Kaninchen seine hinteren Beine beim Sitzen, Laufen und Springen benutzte. Auch jetzt wurden, vorausgesetzt, dass sie von selbst ausblieben, durch Druck auf verschiedene Körperstellen Bewegungen eingeleitet. Nahmen bei diesen die hinteren Gliedmassen ungewöhnliche Stellungen an, so ward versucht, sie in die normale Lage zu bringen und der Widerstand geschätzt, den sie leisteten. Bei der Beurtheilung der Tracht, welche den hinteren Gliedmassen und insbesondere dem Becken nach der Operation eigen ist, darf man nicht vergessen, dass durch die letztere der Rückgratstrecker verletzt wurde; sonach ist eine Senkung des Hintertheiles selbstverständlich.

h. Da durch *Fick*, *Engelken*¹⁾ und *Dittmar*²⁾ die angezweifelte Irritabilität des Rückenmarkes wieder in ihre Rechte eingesetzt war, so schien es mir geboten, den Versuch mit einer Reizung des Halsmarkes unmittelbar unter dem calamus scriptorius zu beschliessen. Zu dieser Abtheilung meiner Beobachtun-

1) *Du Bois* n. *Reichert's Archiv* 1867. — *Sigm. Meyer*, *Pflügers Archiv* I. Bd. — *Fick* *ibid.* II. Bd.

2) Diese Berichte 1870.

gen schritt ich in der Regel 5 Stunden nach vollbrachter Durchschneidung des Lendenmarkes, ein Zeitraum, der genügend, zugleich aber auch nothwendig ist, damit sich das Thier von den Erschütterungen der Operation erholen konnte. Das Leben auf längere Zeit zu erhalten, musste mir als überflüssig erscheinen, seitdem ich bemerkt hatte, dass die Empfindlichkeit und die Bewegungen der Thiere 24 Stunden nach der Operation keine andere als 5 Stunden nach derselben geworden waren. Lässt man aber das Thier noch länger am Leben, so steht zu fürchten, dass das Bild der functionellen Störungen, welches die willkürlich gesetzte Zerstörung der Markstränge hervorgerufen hat, durch andre getrübt werde, die durch pathologische Aenderungen bedingt werden. Schon fünf Tage nach der Operation sah ich in der Umgegend des Schnittes zwischen die Nervenröhren Fetttröpfchen und Körnchenzellen eingesprengt, deren Anwesenheit nicht ohne Folgen für die Leistungsfähigkeit des Rückenmarkes bleiben kann.

Vor der Durchschneidung des Halsmarkes wurde durch die schon vorher angelegte Luftröhrenfistel die künstliche Athmung eingeleitet. Ohne diese Vorsorge wird man voraussichtlich die Tetanisirung des Markes oft genug wirkungslos finden, da sich die nervösen Centren sehr bald nach dem Erlöschen ihres Blutstromes gelähmt zeigen.

Um für die später mitzutheilenden Beobachtungen an Thieren mit verstümmeltem Lendenmarke einen Vergleichungspunkt zu gewinnen, habe ich zuerst die Erscheinungen festgestellt, welche die Tetanisirung unterhalb des calamus scriptorius in den hinteren Extremitäten hervorruft. Sie bestehen in rasch aufeinander folgenden Streckungen und Beugungen, ähnlich nach Form und Stärke denjenigen, die bei einem kräftigen Sprunge erzeugt werden. Diese, den Anschein der Coordination tragenden Bewegungen werden um so kräftiger, je länger man mit selbst schwachen und beschränkten Reizen das Mark angreift. In derselben Weise wie das oberste Ende verhält sich fast das gesamte Halsmark, indem man gewöhnlich bis zum Austritt des sechsten Halsnerven herabgehen kann, ehe die sprungartigen Bewegungen durch einen Strecktetanus verdrängt werden. Aus der Art der Bewegungen geht unmittelbar hervor, dass sie nicht durch Schleifen des Stromes erklärt werden können, die sich von den Electroden aus bis in das Sacralgebiet erstreckt hätten.

Zu einem solchen Verdachte ist ohnehin keine Veranlassung, da die Ströme immer schwach genommen und die Spitzen, welche sie zuführten, nur wenige Millimeter aus einander gestellt wurden. — Das Auftreten der geordneten Bewegungen kann beim Kaninchen auch nicht aus Reizungen sensibler Nerven erklärt werden, welche in der Nähe der tetanisirten Orte verlaufen. Dieses verbietet sich darum, weil, wie *Owsjanikoff* in einer der folgenden Abhandlungen dieses Heftes zeigen wird, unterhalb des verlängerten Markes der Kaninchen überhaupt keine Reflexe erzeugt werden können, welche den so eben beschriebenen Bewegungen gleichen. Seine Angaben muss ich nach oftmaliger Wiederholung um so mehr für richtig halten, als es mir nicht gelungen ist, die Reflex-Erregbarkeit des Rückenmarkes der Kaninchen durch Reizung der n. splanchnici zu erhöhen. Da bekanntlich nach der Zerschneidung des Markes unterhalb der Rautengrube der arterielle Blutdruck sehr tief absinkt, so lag der Verdacht nahe, dass die Erregbarkeit des Rückenmarkes vermindert sei, weil der Blutstrom durch dasselbe nur noch sehr unvollkommen erhalten geblieben. Um diesen Einwand zu beseitigen, legte ich beiderseits an den nervus splanchnicus gut isolirte Electroden und durchschnitt darauf das obere Ende des Halsmarkes. Nachdem dieses ohne jeden nennenswerthen Blutverlust geschehen war, reizte ich die n. splanchnici mit Inductionsströmen, die gerade stark genug waren, um die Quecksilbersäule eines Manometers, welches mit der a. carotis in Verbindung stand, wieder auf die Höhe zu bringen, auf der es vor der Durchschneidung des Halsmarkes gestanden hatte. Trotzdem, dass sich der Blutdruck durch länger als eine halbe Stunde hindurch auf dieser Höhe erhielt, nahmen die von den Gliedmassen auszulösenden Reflexe keine andere als die von *Owsjanikoff* beschriebene Gestalt an. Da unter diesen Bedingungen der Blutstrom durch das Rückenmark nicht schwächer als vor dem Schnitte unter der Rautengrube sein konnte, so dürfen die geringen reflectorischen Wirkungen des Rückenmarkes keines Falls aus einer mangelhaften Durchtränkung mit Blut abgeleitet werden.

Den bisherigen Mittheilungen entsprechend scheint es also bewiesen zu sein, dass in dem oberen Theile des Halsmarkes der Kaninchen irgend welche Einrichtungen vorliegen, durch deren tetanische Erregung geord-

nete Bewegungen in den hinteren Extremitäten hervorgerufen werden.

Bei einer sorgfältigen Benutzung der unter den Buchstaben *e.* bis *h.* aufgezählten Hilfsmittel musste es gelingen, über die Leitungsbahnen des Rückenmarkes einen genügenden Aufschluss zu erhalten. Man hätte darum auf andere, selbst wenn sie zu Gebote ständen, verzichten können; in Wahrheit aber scheint mir auch mit den aufgezählten der Kreis der möglichen abgeschlossen zu sein. Denn die öfter angeführten Beweise aus dem Vorhandensein der bewussten Empfindung und der willkürlichen Bewegung scheinen mir hinfällig, weil uns jedes Kennzeichen für diese beiden letzteren am Thiere fehlt. Der Nachweis dafür, dass eine wahre Empfindung in Folge eines Reizes eingetreten sei, oder dass eine Bewegung von der Willkühr angeregt worden, kann selbstverständlich nur durch das eigene Bewusstsein oder günstigsten Falls noch durch die Sprache geliefert werden. Darum muss, so scheint es, bei Thieren jeder Ausdruck vermieden werden, der den Anschein gewährt, als ob man von jenen in keiner Weise festzustellenden Kennzeichen Gebrauch gemacht habe.

i. Nach dem Tode des Versuchsthieres habe ich auf die Section des verletzten Marktheiles und die objective Darstellung ihrer Ergebnisse eine ganz besondere Sorgfalt verwendet. Unmittelbar nach dem Tode wurden mehrere Wirbelbogen, die oberhalb und unterhalb der operirten Stelle lagen, aufgebrochen und ein grösseres Stück des Markes mit aller mir zu Gebote stehenden Vorsicht entfernt. Das Präparat wurde zunächst 24 Stunden in starkem Alcohol und dann in einer zweiprocentigen Lösung von chromsaurem Ammoniak gehärtet. War es dort schnittreif geworden, so wurde es mit Paraffin in ein Schiebermikrotom eingegossen und dann Schnitt um Schnitt zerlegt. Der photographischen Abbildung kommt es zugute, wenn das Präparat bis zur gleichmässigen Färbung in dem chromsauren Ammoniak liegen bleibt. Die einzelnen Schnittchen wurden auf Glasplatten ausgebreitet und mit Hülfe des Mikroskopes dasjenige ausgesucht, in welchem der Schnitt am weitesten vorgedrungen war, in welchem also die geringste Masse des Markes sich erhalten zeigte. Von diesem Präparate grösster Verletzung wurde nun eine photographische Aufnahme bei etwa fünfundzwanzigfacher Vergrösserung gemacht. Nur auf diese Weise schien es mir möglich, eine

grössere Zahl von Beobachtungen mit Sicherheit vergleichen zu können. Das Uebergewicht, welches der Vergleichung neben einander gelegter im Gegensatz zu derjenigen nach einander betrachteter Präparate zukommt, leuchtet um so mehr ein, als die Topographie des querdurchschnittenen Rückenmarkes nicht ausgebildet genug ist, um den Unterschied der Verstümmelung zweier verschiedener Präparate mit unzweideutigen Ausdrücken zu bezeichnen. Hiezu kommt, dass die objective Darstellung des Resultates der Section auch dem kritischen Leser zu Gute kommt. — Wenn dieser bei der Betrachtung der Figuren daraus einen Tadel erheben wollte, dass die beabsichtigte Ausdehnung des Schnittes nicht immer mit derjenigen zusammenfällt, die das Lendenmark in der That erlitten hat, so mag er bedenken, dass die kleinen Dimensionen des Kaninchenmarkes das Einhalten der gewünschten Schnittrichtungen weit schwieriger machen als das Erkennen des Fehlers an dem so bedeutend vergrösserten Bilde.

Die Beobachtungen, die ich in den folgenden Abschnitten dieser Abhandlung vorlege, sind nur einzelne Beispiele aus einer sehr grossen Versuchsreihe. Jegliche der Beobachtungen, deren ich Erwähnung thue, ist vielmals und immer mit demselben Resultate wiederholt worden, welche in den Aufzeichnungen niedergelegt sind, die das der Figur gegenüberstehende Blatt enthält.

Bei der kurz gefassten Darstellung meiner Versuche werde ich jedesmal zwei sich gegenseitig ergänzende Reihen einander gegenüber stellen. In der einen derselben war ein gewählter Abschnitt des Markes zerstört. In der anderen dagegen war dieselbe Abtheilung unversehrt erhalten, dafür aber diejenige Abtheilung durchschnitten, welche in der ersten Beobachtungsreihe geschont worden.

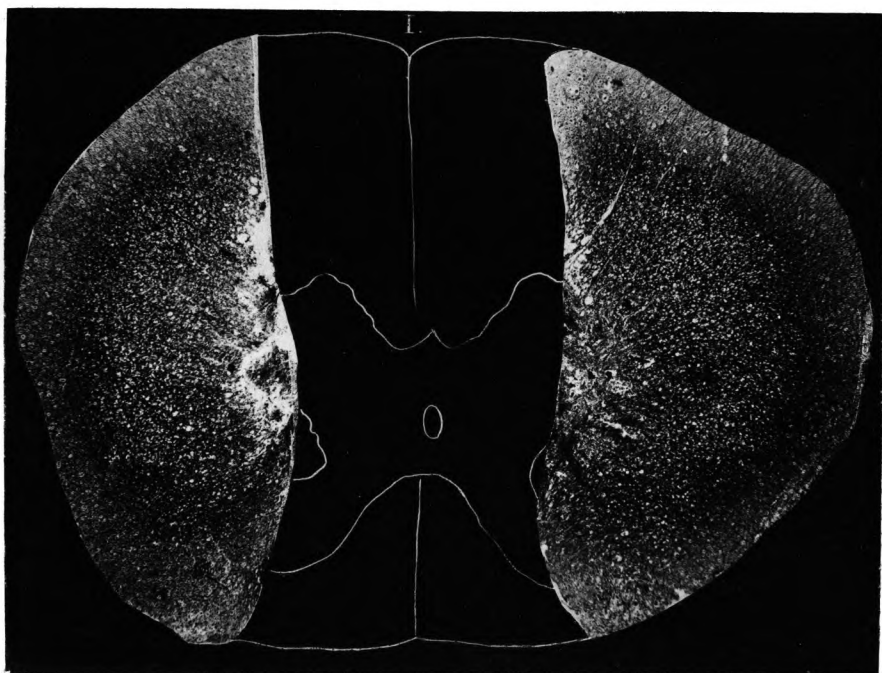
Die Sicherheit, mit welcher die Schutzmesserchen eingestellt werden konnten und die Ruhe, mit welcher die Durchschneidung des Markes zu vollenden war, machten es möglich, auch bei verschiedenen Thieren die Verletzungen analoger Stellen beliebig oft herbeizuführen.

Da die Erfolge bei allen sorgfältig angestellten Versuchen unter einander im vollsten Einklang stehen, so erscheint es unnöthig, die Sectionsergebnisse und die Aufzeichnungen des physiologischen Verhaltens für alle wiederzugeben; es genügt, aus

jeder Schaar gleichartiger Verletzungen je nur einen Fall vorzulegen. Für die Wahl, welche ich getroffen, wirkte in erster Linie bestimmend die Deutlichkeit des photographischen Bildes, welche das Präparat geliefert hatte.

1. Die erste Gruppe von Beobachtungen, welche ich vorlege, beschäftigt sich mit den Theilen des Markes, welche in der Mitte des zwanzigsten Wirbels (letzter Brustwirbel) zerstört werden können, ohne dass hierdurch eine der Beziehungen getrübt wird, die durch das Rückenmark hindurch zwischen den sensiblen und motorischen Nerven bestehen, die oberhalb und unterhalb des verletzten Querschnittes entspringen. Die Theile, welche in einem beschränkten Abschnitt ihrer Länge quer zerschnitten werden können, ohne dass eine sichtbare Einbusse in dem reflectorischen Zusammenhang zwischen der unteren und der oberen Körpermasse, oder eine Störung im Sitzen, Laufen und Springen eintritt, sind: die weissen Hinter- und Vorderstränge und die ganze graue Masse. Hierüber belehrt uns nicht allein die Versuchsreihe, welche durch Tafel I mit den zugehörigen Aufzeichnungen vertreten ist, sondern auch die in Tafel II dargestellte, welche als das Gegenstück der ersteren erscheint. Denn während sich nach der Wegnahme der weissen Hinter- und Vorderstränge und der grauen Masse alle Erregungen, die oberhalb oder unterhalb des Schnittes in das Mark eintraten, ohne bemerklichen Unterschied gegen den unverletzten Zustand durch den verstümmelten Theil hindurch fortpflanzten, war dieses auch nicht einmal spurweise mehr der Fall, nachdem die weissen Vorder- und Hinterstränge und der centrale Theil der grauen Masse erhalten geblieben war.

Da man bisher bei der Leitung der Erregungen, die auf längere Strecken nach der Längachse des Markes verlaufen, den hinteren und vorderen weissen Strängen eine hervorragende Rolle zugeschrieben hat, so erscheint es nicht überflüssig, das eben gewonnene Ergebniss durch eine zweite Versuchsreihe zu bestätigen. Sie ist in den Tafeln III, IV, V, und in den ihnen beigefügten Aufzeichnungen dargestellt. Bei ihr sollten die Hinter- und Vorderstränge mit möglichster Schonung aller übrigen Theile thunlichst vollständig zertrennt werden. Mit Hülfe geneigter Messer lässt sich dieses an den Hintersträngen, wie Tafel III zeigt, leicht ausführen. Die weissen Vorderstränge konnte ich dagegen nicht anders als in Verbindung mit einem



Zur Abhandlung von D^r Woroschiloff.

Königl. Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig.

Tafel I.

Innerhalb des letzten Brust-Wirbels sind durchschnitten die beiden weissen Hinter- und Vorderstränge. Von den weissen Seitensträngen ein Theil des Abschnittes derselben, welche in die seitlichen Einbuchtungen der grauen Masse hineinragen, endlich die ganze graue Masse.

Jeder starke Druck auf einen der beiden Hinterfüsse ruft lebhaftere Bewegungen in allen Gliedmassen hervor, dasselbe geschieht nach Reizung der Vorderfüsse.

Das losgebundene Thier unterstützt sich beim Sitzen mit allen vier Extremitäten. Nach einem stärkeren Druck auf einen beliebigen Fuss, die Ohren oder den Schwanz läuft und springt das Thier fort. Eine Stunde nach der Entfernung vom Operationsbret läuft und springt das Thier wie ein unversehrtes.

Mässige Tetanisirung auf dem Querschnitte des Rückenmarkes unmittelbar unter dem calamus scriptorius ruft anfangs springende Bewegungen und später krampfhaftige Beugungen beider Beine hervor.

Tafel II.

Innerhalb des letzten Brust-Wirbels sind durchschnitten beiderseits die weissen Seitenstränge und ein Theil der seitlichen Vorsprünge beider grauen Hörner, auf der linken Seite mehr als auf der rechten.

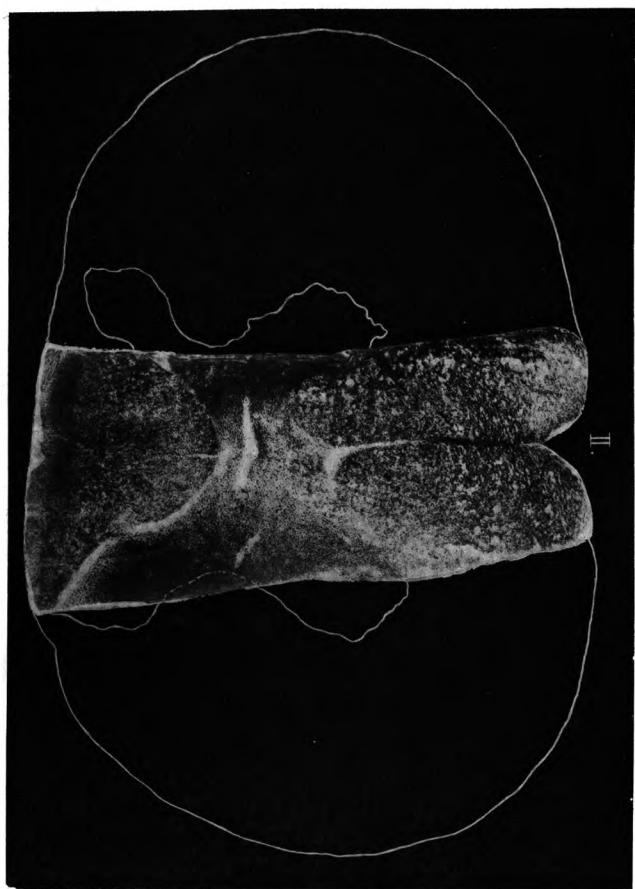
Electrische Reizungen.

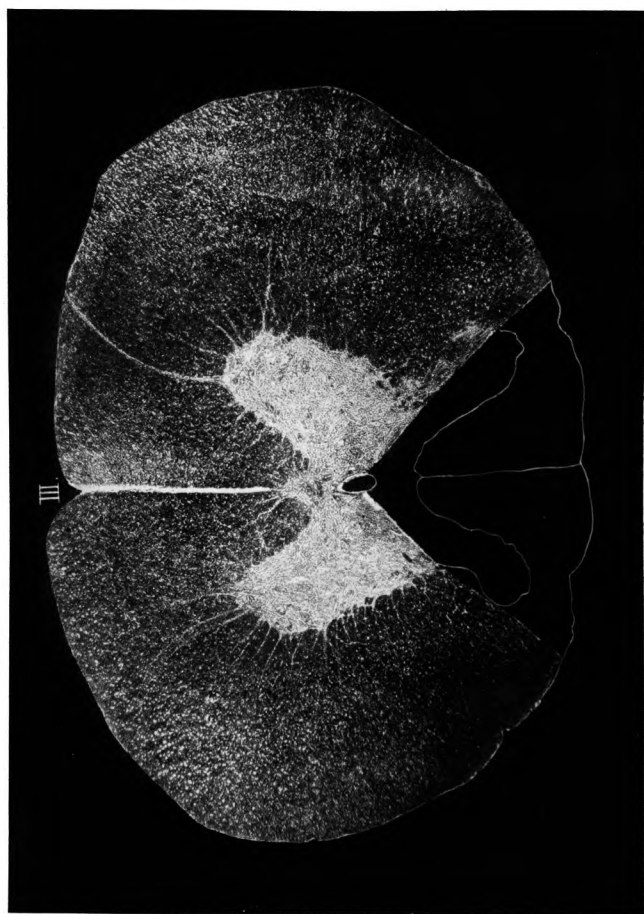
Hinterpfoten:

Rollen- abst.	Linke Seite.	Rollen- abst.	Rechte Seite.
37	Schwache Zuckungen im linken Bein.	39/25	Schwache Zuckungen im rechten Bein.
27	Stärkere Zuckungen im linken Bein.		
26	Bedeutende Beugung in beiden Beinen.		

Beim Druck auf je eine der Hinterpfoten erscheinen nur schwache Zuckungen in dem entsprechenden Beine. Durch einen Druck auf die Vorderpfoten werden lebhaftere Bewegungen in den Armen, in den Gesichts-, Brust- und Bauchmuskeln, niemals aber in den Beinen bewirkt.

Die Tetanisirung auf dem Querschnitte des Rückenmarkes unmittelbar unter dem calamus scriptorius ruft keine Bewegungen in den Beinen, wohl aber in allen anderen Skelettmuskeln hervor.





Tafel III.

Innerhalb des letzten Brust-Wirbels sind durchschnitten die weissen Hinterstränge, die hintern grauen Hörner und die hintere Commissur.

Das losgebundene Thier bewegt sich beim Laufen und Springen wie ein unverletztes. Die Empfindlichkeit ist überall vorhanden; Hyperästhesie zeigt sich nirgends.

Diese Beobachtung lehrt welche Trennungen durch zwei gegeneinander geneigte Messerchen zu erreichen sind.

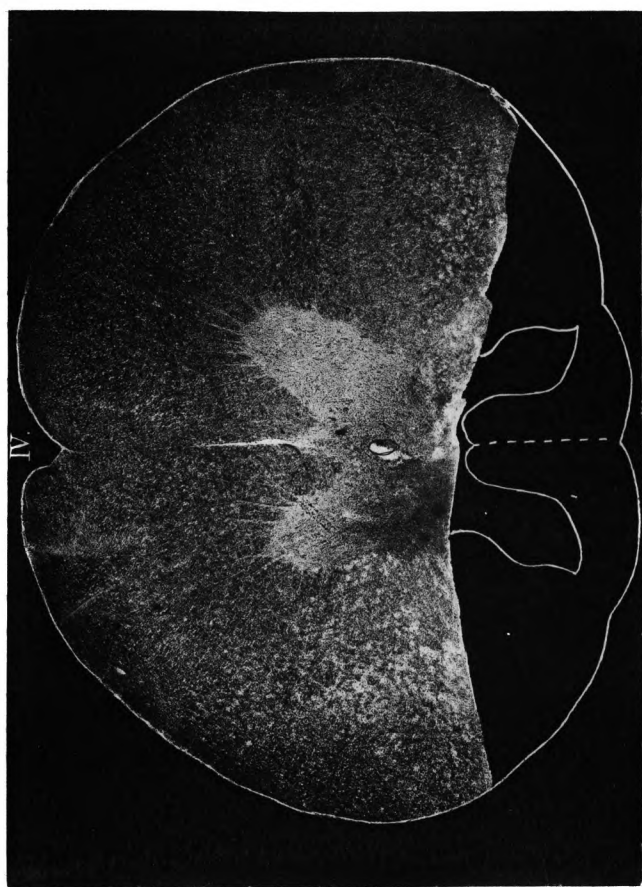
bedeutenden Theil der weissen Seitenstränge zum Ausfall bringen.

Nach einer Verletzung der weissen Hinterstränge, wie sie die Tafel III abbildet, lässt sich durch keins der von mir angewendeten Prüfungsmittel auch nur der geringste Unterschied des verstümmelten und des unversehrten Thieres nachweisen. Um ein wenig anders stellen sich die Erscheinungen, wenn mit den weissen Hintersträngen auch das hintere Fünftel der Seitenstränge zerstört wird. In diesem Falle werden zwar die Reizungen sensibler Nerven an jedem beliebigen Orte durch die Muskeln aller Körpertheile beantwortet und das Thier gebraucht auch beim Sitzen, Laufen und Springen die beiden hinteren Extremitäten, aber es geschieht dieses Letztere nicht mehr genau so wie vor der Verstümmelung. Denn jetzt erscheint die Streckbewegung des Beines im Gegensatz zu der Beugung desselben beeinträchtigt.

Wenn aber, wie in Tafel V, gleichzeitig mit der Zerstörung der weissen Vorder- auch die Theile der weissen Seitenstränge durchtrennt sind, welche von der vorderen Commissur aus nach vorn hin liegen, so leitet die Sprungbewegung nach einer anderen Richtung hin. Das Ebenmass, welches in der Contraction der Muskeln besteht, die sich an dem Springen betheiligen, hat sichtlich gelitten. Dieses prägt sich dadurch aus, dass die Stösse, die der Rumpf von Seiten der Streckmuskeln empfängt, ungewöhnlich stark ausfallen.

Immerhin ist es eine sehr überraschende Thatsache, dass nahezu die vordere Hälfte des gesammten Markes durchschnitten sein kann, und dass trotzdem die Antriebe zu Bewegungen, welche von dem Gehirne ausgehen, in die Nerven der Beine so ungestört überzugehen vermögen, wie es in der That der Fall ist. Somit bestätigt denn auch die Versuchsreihe, welche nach dem Vorbild der III., IV. und V. Tafel angestellt war, die in Tafel I und II vorgeführte, wonach in den weissen Hinter- und Vordersträngen, ebenso wie in der grauen Masse, keine Leitungsbahnen enthalten sind, welche wir als lange oder mit anderen Worten als solche bezeichnen können, durch die der functionelle Zusammenhang des Hirnes mit den aus dem Rückenmark entspringenden Nerven bedingt ist.

Im Gegensatz zu den langen — den Hirn-Rückenmarksbahnen — enthalten jene Theile dagegen offenbar kurze Verbindungs-



Tafel IV.

Innerhalb des letzten Brustwirbels sind durchschnitten die weissen Hinterstränge, das hintere Drittel der beiden weissen Seitenstränge, die hinteren grauen Hörner und ein Theil der hinteren grauen Commissur.

Electrische Reizungen.

Hinterpfoten.

Rollen- abst.	Rechte Seite.	Rollen- abst.	Linke Seite.
49	Schwache Beugungen des rechten Beines.	49	Schwache Beugungen des linken Beines.
48	Dasselbe.	48	Dasselbe etwas stärker.
47	Dasselbe etwas stärker.	47	Beugungen beider Beine.
45	Starke Beugungen beider Beine, Bewegungen des ganzen Körpers.	46/45	Starke und wiederholte Beugungen beider Beine, Bewegungen des ganzen Körpers.

Vorderpfoten.

37	Bewegungen in beiden Armen.	37	Bewegungen in beiden Armen.
36	Dasselbe.	36	Dasselbe.
35	Bewegungen in den vorderen und schwache Beugung in den hinteren Gliedmassen.	35	Bewegungen in den vorderen und schwache Beugung in den hinteren Gliedmassen.
40	Bewegungen im ganzen Körper, namentlich sehr starke Beugungen und Anziehen der Beine.	40	Bewegungen im ganzen Körper, namentlich sehr starke Beugungen und Anziehen der Beine.

Die sanfte Berührung der Hinterpfoten bleibt wirkungslos. Ein schwacher Druck auf je eine derselben ruft Beugung des Beines und dann Bewegungen im ganzen Körper hervor. Noch stärkere allgemeine Bewegungen bewirkt ein Nadelstich in die Zehen einer jeden beliebigen Pfote.

Das losgebundene Thier unterstützt sich beim Sitzen mit allen Extremitäten, die hinteren hält es jedoch in stark angezogener Stellung. Beim Druck auf eine beliebige Pfote springt dasselbe fort und bewegt dabei sämmtliche Gliedmassen. Von dem Sprung eines unverletzten Thieres unterscheidet sich das Versuchsthier dadurch, dass die Hinterbeine weniger gestreckt werden.

Schwaches Tetanisiren auf dem Querschnitt des Markes in der Höhe des zweiten Halswirbels ruft kräftige tetanische Beugungen in allen Gelenken der Beine hervor.

Tafel V.

Innerhalb des zwanzigsten Wirbels ist das vordere Drittel des Rückenmarkes unmittelbar vor der vorderen Commissur durchschnitten.

Eine Mittelstärke der mechanischen oder electrischen Reizung der Vorder- und Hinterpfoten ruft lebhafte und coordinirte Bewegungen in allen Gliedmassen hervor.

Das losgebundene Thier unterstützt sich beim Sitzen mit allen Extremitäten. Nach einem Druck auf die Ohren, die Füße oder den Schwanz läuft oder springt es davon. Der Stoss der Hinterpfoten, welchen es sich beim Springen ertheilt, scheint stärker als bei einem unversehrten Thiere zu sein.

Tetanisiren auf dem Querschnitt des Markes unmittelbar unter dem calamus scriptorius ruft lebhafte Bewegungen in den Armen und springende in den Beinen hervor.



wege, durch welche die einzelnen in nächster Nähe von einander entspringenden Nervenwurzeln mit einander verknüpft sind. Schon die anatomischen Erfahrungen beweisen dieses unwiderleglich, und nicht minder geschieht dieses durch den vivisectorischen Versuch. Denn wenn man Zerschneidungen der hinteren und vorderen weissen Stränge nach dem Muster von Tafel IV und V im Bereiche der unteren Lendenwirbel vornimmt, so hört die Bewegung der Beine ganz auf; namentlich aber die eines Beines, wenn sich der Schnitt nur auf eine der beiden Seiten beschränkt hat.

Bevor ich in der Darlegung meiner Versuche weiter gehe, sei es mir gestattet, die Gründe zu berühren, auf welchen wie mir scheint die Abweichungen zwischen meinen und den Beobachtungen so vieler anderer Experimentatoren beruhen. Durch eine Besprechung derselben dürfte für die Aufklärung des wahren Sachverhaltes mehr gethan sein, als durch die Wiederholung der den meinen entgegenstehenden Behauptungen, denn diese sind ohnehin so oft und so erschöpfend vorgetragen, dass sie jedem Sachverständigen bekannt sein dürften.

Von vorne herein wird man ohne weitere Einsprache zugeben, dass die Resultate, welche nach den partiellen Durchschneidungen des Markes innerhalb der letzten Brustwirbel gewonnen sind, nicht zusammengestellt werden können mit denjenigen, welche nach scheinbar entsprechenden Verletzungen anderer weit entfernt liegender Markprovinzen erhalten wurden. Aus eignen Erfahrungen, auf die ich ein andres Mal zu sprechen komme, ist mir bekannt, dass die Durchschneidung der Vorderstränge und der grauen Masse innerhalb der Hals- und Lendenwirbel mannigfach andere Folgen als die bedingt, welche nach der Zerstörung der gleichnamigen Stränge innerhalb der unteren Brustwirbel auftreten. Die Versuche anderer Beobachter können darum nur insoweit mit den meinen verglichen werden, als sie an demselben Orte angestellt wurden. Leider ist diese Vergleichung häufig unthunlich, da man öfter die an einem nicht näher angegebenen Orte vorgenommenen Zerstörungen ohne Weiteres als solche des Rückenmarkes überhaupt hinstellt.

Aber auch nach Ausscheidung der nicht vergleichbaren Beobachtungen bleiben mir noch zahlreiche Widersprüche zu schlichten. Diese scheinen mir hervorgerufen erstens durch die Methode der Schnittführung. Nach vielfachen Erfahrungen halte

ich es für unmöglich, dass man einen partiellen Querschnitt durch das Mark nach Willkühr beschränken, ja auch nur mit Sicherheit vollenden könne, wenn man sich zur Ausführung des Schnittes ausschliesslich des Messers oder der Scheere bedient. Dieses ergibt sich aus bekannten Eigenschaften der Rückenmarksmasse. Denn die Gefässe und das Bindegewebe, welche sich nach dem Querschnitt des Markes ausbreiten, sind im Gegensatz zu den nervösen Bestandtheilen desselben sehr zähe und sowohl unter sich als auch mit den Nervenfasern und Ganglienzellen innig verbunden; das Nervenmark ist sehr klebrig und bindend, und endlich die Befestigung des Rückenmarkes an seiner Umgebung zu gering, als dass sie dem Zug, welchen auch ein scharfes Messer bei seinem Gang durch das Rückenmark übt, einen genügenden Widerhalt bieten könnte. Bedenkt man dieses, so wird man in der vorhin ausgesprochenen Bemerkung keine Anklage gegen die Sorgfalt des Beobachters finden, trotzdem dass man ihre Richtigkeit zugestehen muss. Um wie viel vortheilhafter stellt sich Alles unter der Einführung des Schutzmessers. Dieses wird so eingesenkt, dass die Fläche der Klinge mit der Längsachse des Markes parallel läuft, mithin in einer Richtung, nach welcher sich das letztere sehr leicht spalten lässt. In seiner Stellung wird es unverrückt fest gehalten, somit ist nun dem quer zerschneidenden Messer ein sicherer Widerhalt gegeben, so dass es in keiner Weise zerrend auf die jenseits des Schutzmessers liegenden Theile wirken kann. Zugleich wird durch das letztere dem Uebertritt von ergossenem Blute in die unversehrten Theile vorgebeugt, der ohne seine Anwesenheit kaum zu vermeiden ist. Zur Bestätigung der Vortheile, welche dies Schutzmesser gewährt, verweise ich ganz besonders auf die scharfen Schnittflächen, welche den von mir vorgelegten Präparaten eigen ist.

Bei der Unmöglichkeit, die Zerstörung in einem von vorne herein bestimmten Umfang zu begrenzen, wäre es nun geboten gewesen, die wirklich erreichte Ausdehnung derselben durch eine sorgfältige von dem Mikroskope überwachte Section festzustellen. Da schon *Miescher* die Bedeutung dieses Mangels gewürdigt hat, so ist es unnöthig, seine Folgen noch einmal hervorzuheben. Mir scheint es gewiss, dass weitaus die meisten der Widersprüche, welche zwischen den Ergebnissen der verschiedenen Beobachter bestehen, gar nicht entstanden sein würden,

wenn die functionellen Störungen von Verletzungen des Markes abgeleitet worden wären, die das Mikroskop erkannt hätte. — Da dieses, obwohl es seit den Untersuchungen von *B. Stilling* möglich war, nicht geschah, so ist es auch kaum gestattet, auf die Uebereinstimmung gewisser Resultate einen besondern Werth zu legen. So könnte man es u. A. als eine willkommene Erscheinung begrüßen, wenn *Schiff*¹⁾ angiebt, dass nach einer Durchschneidung aller vor dem Centralkanal gelegenen Marktheile sich die coordinirten Bewegungen unversehrt erhalten hätten. Aber diese Befriedigung verschwindet, wenn man unmittelbar danach liest, dass die genannten Bewegungen, wenn auch geschwächt, noch vorhanden gewesen, nachdem auch noch die anwesenden Reste der Seitenstränge und der anliegende Theil der grauen Masse weggenommen waren.

In wie weit die so eben angestellten Betrachtungen das Wahre treffen, werden zukünftige Beobachtungen lehren, die von exacten Methoden Gebrauch machen. Auf ihre Anwendung darf man um so berechtigtere Hoffnungen setzen, als im Gegensatz zu der früheren Unbestimmtheit nun durchweg zwischen den Versuchen Uebereinstimmung herrscht, die sich bei der Durchschneidung der Schutzmesser und bei der Zergliederung des verletzten Markes des Mikroskopes bedient haben.

2. Meine bis dahin vorgelegten Beobachtungen bestätigen und erweitern die Angaben von *Miescher*, *Nawrocki* und *Dittmar*, denn von nun an sind wir darauf hingewiesen, die Bahn, welche das Gehirn mit allen Nervenwurzeln verbindet, in dem Seitenstrange zu suchen. Dafür, dass sie hier in der That liegt, bürgen die Beobachtungen, in welchen nach dem Muster von Tafel VI und VII der Durchschnitt des Markes unternommen wurde. In der Versuchsreihe, die nach dem Beispiele der VI. Tafel ausgeführt wird, sind alle Theile des Markes mit Ausnahme des weitaus grössten Theiles eines der beiden Seitenstränge zerstört worden. Nach dieser Verletzung, welche, wie besonders zu beachten, die gesammte graue Masse betroffen hat, können durch Reizungen der beiden Hinterpfoten Bewegungen in dem Vordertheile des Körpers ausgelöst werden. Die Stärke der Reizung jedoch, welche hiezu nöthig ist, muss sich auf beiden Seiten sehr verschieden verhalten, denn während nur durch

1) *J. M. Schiff*, Muskel- und Nervenphysiologie. Lahr 1858—59. 282.

Tafel VI.

Innerhalb des letzten Brust-Wirbels ist das ganze Mark mit Ausnahme des weissen Seitenstranges auf der linken Seite zerstört.

Linke Hinterpfote. Schwache Drücke bewirken eine starke Beugung des linken Beines; eine Verstärkung des Drucks bewirkt ausserdem noch ein schwaches Zucken der Arme.

Rechte Hinterpfote. Schon sehr schwache Berührung derselben bewirkt eine lebhafte Bewegung der Arme und Beugung der Beine, die jedoch im linken viel stärker als im rechten ist.

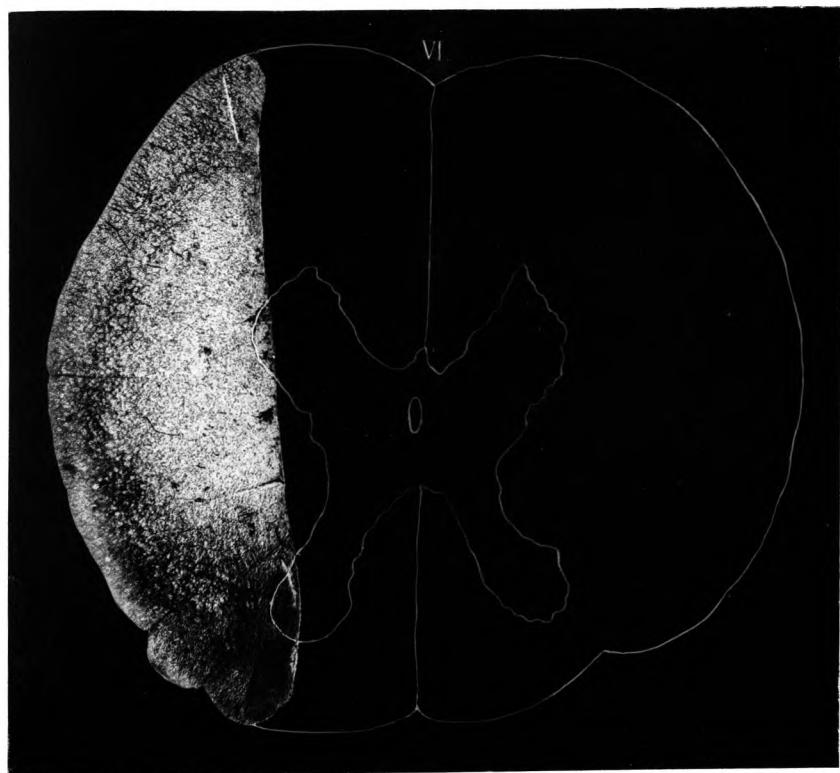
Electrische Reizungen rufen die entsprechenden Erscheinungen hervor.

Das losgebundene Thier unterstützt sich beim Sitzen mit den beiden Armen und dem linken Bein; das rechte bleibt in der Lage, welche es von aussen her empfangen hat.

Drücke auf die rechte Hinterpfote und den Schwanz bedingen Fluchtbewegungen. Bei diesen arbeitet das Thier mit den beiden Armen und dem linken Bein, das rechte wird nachgeschleppt. Die Bewegungen des linken Beins sind zwar denen der Arme coordinirt, aber von der Art, dass durch sie das Becken des Thieres nicht vom Boden erhoben wird.

Auch durch einen Druck auf alle anderen Pfoten werden Fluchtbewegungen eingeleitet, doch gehört hierzu ein viel stärkerer Eingriff als auf die rechte Hinterpfote und den Schwanz.

Die Tetanisirung auf dem Querschnitte des Rückenmarkes unmittelbar unter dem calamus scriptorius ruft anfangs nur Bewegungen in den Armen und Beugungen in dem linken Bein hervor. Bei andauernder Reizung treten hiezu schwache Beugungen und Streckungen in dem rechten Bein und endlich gleichzeitige und gleichmässige stossartige Bewegungen in den beiden Beinen, die allmählig in dem linken in eine Beugung aller Gelenke übergeht, während das rechte Bein in Ruhe versinkt.





Tafel VII.

Innerhalb des neunten Brust-Wirbels ist der rechte Seitenstrang durchschnitten. Die Abtheilung desselben, welche sich in die seitliche Ausbiegung der grauen Masse hineinerstreckt, ist jedoch erhalten geblieben.

Electrische Reizungen.

Hinterpfoten.

Rollen- abst.	Rechte Seite.	Rollen- abst.	Linke Seite.
40	Keine Wirkung.	39	Keine Wirkung.
39	Starke Bewegungen in allen Körpertheilen.	38	Zuckungen im linken Bein.
		35	Stärkere Zuckungen im lin- ken Bein.
		29/27	Sehr starke Beugung im lin- ken Bein.
		26	Starke Beugung in beiden Beinen und Bewegung in dem rechten Arme, - Ruhe in dem anderen.
		20	Dasselbe.

Starker Druck oder das Einstechen einer Nadel giebt vom linken Hinterfuss aus nur Bewegungen in dem entsprechenden Bein. Schwacher Druck auf den rechten Hinterfuss bedingt starke Bewegungen in allen Gliedmassen.

Druck auf die Vorderpfoten giebt Bewegungen in den Armen und Beugungen anfangs im linken und nachher im rechten Bein.

Das losgebundene Thier sitzt, läuft und springt wie ein unversehrtes mit der einzigen Ausnahme, dass das rechte Bein weniger vollkommen als das linke eingreift. Die rechte Beckenseite steht beim Sitzen niedriger als die linke und beim Laufen schiebt es sich mit dem rechten Bein weniger stark als mit dem linken fort.

sehr starke Reizungen der Hinterpfote, welche auf der Seite des unversehrten Seitenstranges liegt, schwache Bewegungen in den Armen erscheinen, können schon schwache Reize auf die Hinterpfote, welche der verletzten Markseite angehört, starke Bewegungen im Vorderkörper auslösen. Die Pfote auf der Seite des erhaltenen Stranges ist also dem gewöhnlichen Sprachgebrauch nach unter-, diejenige, welche auf der Seite des verletzten Stranges liegt, dagegen überempfindlich.

Die beiden eben gebrauchten Ausdrücke gelten jedoch nur insofern, als man die Reflexbewegungen im Auge behält, welche sich von den hinteren Extremitäten aus in den vorderen hervorgerufen lassen. Nimmt man dagegen Rücksicht auf die Reflexe, welche von den Pfoten der hinteren Extremitäten in den Muskeln des Unter- und Oberschenkels hervorgerufen werden, so kehrt sich das Verhältniss um, denn es erscheinen auf der Seite des verletzten Stranges die genannten Bewegungen erst nach sehr starken, auf der Seite des erhaltenen Stranges aber schon nach schwachen Drücken, beziehungsweise electrischen Schlägen.

Wenn die empfindlichen Flächen der Vorderpfoten gereizt werden, so können hierdurch Reflexe nach den beiden Beinen zu Stande kommen, mit dem Unterschiede jedoch, dass die Bewegungen des Beines auf der Seite des verletzten Stranges viel schwächer sind als die, welche das Bein der unverletzten Seite ausführt. Dieser Unterschied, welcher sich hier in der Leitung der motorischen Erregungen vom Hirn zum Lendenmark ausdrückt, tritt noch schärfer hervor beim Sitzen und Springen. Bei der Ausführung dieser beiden Vorgänge benutzt das Thier ausschliesslich die Muskeln, welche auf der Seite des unverletzten Stranges befindlich sind, während es sich mit dem Bein der verletzten Seite beim Sitzen nicht unterstützt und beim Springen nicht fortschiebt. — Aus der Unbeweglichkeit, welche das Bein der verletzten Seite beim Sitzen und Springen zeigt, darf jedoch keineswegs auf einen totalen Verlust der coordinirten Bewegungen geschlossen werden. Dieses ergibt sich daraus, weil die Reizungen sensibler Flächen der Vorderpfoten, wenn sie nur stark genug waren, auch das Bein der verletzten Seite in den Kreis der Bewegungen hineinzogen. Die Anwesenheit coordinirender Motoren empfängt eine weitere Bestätigung durch die Tetanisirung der oberen Abschnitte des Halsmarkes. So-

lange dieselbe unter Beihülfe eines grösseren Abstandes der beiden Rollen oder nur eine kurze Zeit hindurch unternommen ward, stellten sich die Bewegungen im Bereiche des Hinterkörpers nur in dem Beine der unverletzten Markseite ein; wurde dagegen der tetanisirende Strom verstärkt oder dauernd angesetzt, so erstreckten sich die Zusammenziehungen freilich nur schwächer und auch nur vorübergehend zugleich auf das Bein der verletzten Seite. Bemerkenswerther Weise erfolgten sie dann coordinirt mit denen der übrigen Gliedmassen; sie erloschen jedoch schon während des Tetanisirens, also zu einer Zeit, wo sie noch im andern Bein bestanden.

Den Erscheinungen, die wir nach Erhaltung nur eines Seitenstranges beobachten, sind diejenigen gleich, die nach Zerstörung eines Seitenstranges bei gleichzeitiger Erhaltung aller übrigen Marktheile sichtbar werden. Um die volle Uebereinstimmung zu erzielen, muss jedoch der Seitenstrang durchweg zerstört sein. Verhältnissmässig geringe, der grauen Masse zunächst liegende Reste desselben gewähren dem Beine der verletzten Seite ein merkliches Mehr an Bewegungen. Dieses wird durch eine Vergleichung der Aufzeichnungen, die zu Tafel VII mit denjenigen, welche zu Tafel VI gehören, sogleich erkannt werden.

3. Wenn es hiernach feststeht, dass in den Seitensträngen die sensiblen und motorischen Bahnen von den Wurzeln aus zum Hirn emporsteigen und zwar in der Art, dass der Seitenstrang einer jeden Markhälfte Reflex und Bewegungen erzeugende (sensible und motorische) für die beiden Beine führt, so blieb es doch unentschieden, ob diese mit verschiedenen Energieen begabten Faserungen überall gemischt verlaufen, oder ob sie sich nicht vielmehr auf verschiedene Orte vertheilen. Ganz abgesehen von dem topographischen Interesse, welches sich an die Beantwortung dieser Frage knüpft, gewinnt sie auch noch aus folgendem Gesichtspunkt Bedeutung. Da die sensiblen und motorischen Nerven kurz vor und unmittelbar nach ihrem Eintritt in das Rückenmark mit der grössten Sorgfalt von einander geschieden sind, so würde es mindestens auffallend sein, wenn sich die beiden Fasergattungen innerhalb ihres Verlaufes durch die Seitenstränge abermals so innig mischten, wie dieses in den Stämmen jenseits der Spinalganglien der Fall ist. Unter diesen Umständen könnte man zu vermuthen geneigt

sein, dass die Nervenfasern bei ihrem Durchgang durch die graue Masse noch mehr als nur die Anordnung nach verschiedenen Richtungen hin empfangen.

Die Lagerung, welche den Bahnen von verschiedener Energie in den Seitensträngen zukommt, war nur durch eine noch weiter gehende Zergliederung derselben zu erreichen. Diese habe ich dadurch in Angriff genommen, dass ich dieselben durch Schnitte zerlegte, welche theils parallel, theils senkrecht zur Halbirungslinie des Querschnittes verliefen. Da die grosse Masse des Seitenstranges keine augenfällige Gliederung besitzt, so will ich, um bei der Beschreibung meiner Versuche nicht jedesmal zu umständlich werden zu müssen, festsetzen, dass durch einen von rechts nach links in der Höhe des Central-Kanals geführten Schnitt der Seitenstrang in eine vordere und hintere Hälfte, durch zwei in der Höhe der beiden Commissuren gelegene Schnitte in ein vorderes, mittleres und hinteres Drittel zerfällt werde.

Die Resultate, welche ich aus den Versuchsreihen erhalten habe, in denen der Seitenstrang von hinten nach vorn zerlegt wurde, sind, soweit dieselben nicht schon in den Tafeln IV und V mitgetheilt wurden, in den Tafeln VIII bis XII enthalten.

In der Versuchsreihe, zu welcher Tafel VIII gehört, wurde nur die hintere Hälfte eines Seitenstranges erhalten. Nach dieser ausgebreiteten Verstümmelung konnten durch empfindliche Eingriffe auf die Pfote der noch nicht vollkommen verletzten Seite nur noch Reflexe in beiden Beinen erzielt werden. Von der Seite, auf welcher der Seitenstrang vollkommen zerstört war, liessen sich dagegen mit Leichtigkeit auch Bewegungen im Vordertheil des Thieres hervorrufen. Wenn das Kaninchen sich selbst überlassen wurde, so hing das Bein der Seite, welche keinen Seitenstrangrest mehr enthielt, gelähmt herab, während sich das andere activ ausstreckte und dem Versuche, es zu beugen, Widerstand leistete. Durch die Tetanisirung des Halsmarkes wurde das Bein unterhalb des vollkommen zerschnittenen Seitenstranges nicht zu den geringsten Bewegungen veranlasst, indess sie hierdurch auf der Seite des theilweise erhaltenen Stranges kräftig und sprungartig eintraten.

Im Versuche IX, wo die Theile des Seitenstranges vorhanden waren, welche in VIII fehlten, waren die Reflexe, welche von den Hinterpfoten ausgelöst wurden, ähnlich den in VIII

VIII



Tafel VIII.

Innerhalb des neunzehnten Wirbels ist das ganze Mark mit Ausnahme der hinteren Hälfte des rechten Seitenstranges und eines Theiles des anliegenden Hinterhorns durchschnitten.

Electrische Reizungen.

Hinterpfoten.

Rollen- abst.	Rechte Seite.	Rollen- abst.	Linke Seite.
34	Ohne Wirkung.	37	Ohne Wirkung.
33	Zuckungen im rechten Bein.	36/35	Zuckungen im linken Bein.
32	Beugungen in demselben.	34	Wiederholte Beugung im linken und Zuckung im rechten Bein.
30/25	Beugungen im rechten und schwache Zuckungen im linken Bein.	33	Wiederholte Beugung in den beiden Beinen; nur schwache Zuckungen in den Armen.
		30	Kräftiges Anziehen der beiden Beine und kräftige Bewegung in den Armen.

Schwacher Druck auf die linke Hinterpfote ruft lebhafte und starke Bewegungen in den Armen, aber nur schwache Beugungen im rechten Bein hervor. Ein sehr starker Druck auf die rechte Hinterpfote und das Einstechen einer Nadel in dieselbe giebt bloss schwache Zuckungen am rechten Bein.

Während der Zeit, in welcher keine Reizungen stattfinden, ist das rechte Bein gestreckt; beim Versuche es zu beugen leistet es einen Widerstand.

Die Tetanisirung auf dem Querschnitte des Rückenmarkes unter dem calamus scriptorius ruft bei Rollenabstand 30 Bewegungen in den Armen, Bewegungen in der rechten Hüfte und im rechten Bein hervor. Beim Rollenabstand 25 treten zu den Bewegungen in den Armen auch springende Bewegungen im rechten Bein hinzu, das linke Bein bleibt während aller dieser Reizungen vollkommen in Ruhe.

Tafel IX.

Das Thier war während der Operation curarisirt. Innerhalb des vorletzten Brustwirbels sind durchschnitten alle Theile der linken Markhälfte und auf der rechten der weisse Hinterstrang, die hintere Hälfte des Seitenstranges, das graue Hinterhorn und die Basis des grauen Vorderhornes.

Electrische Reizungen.

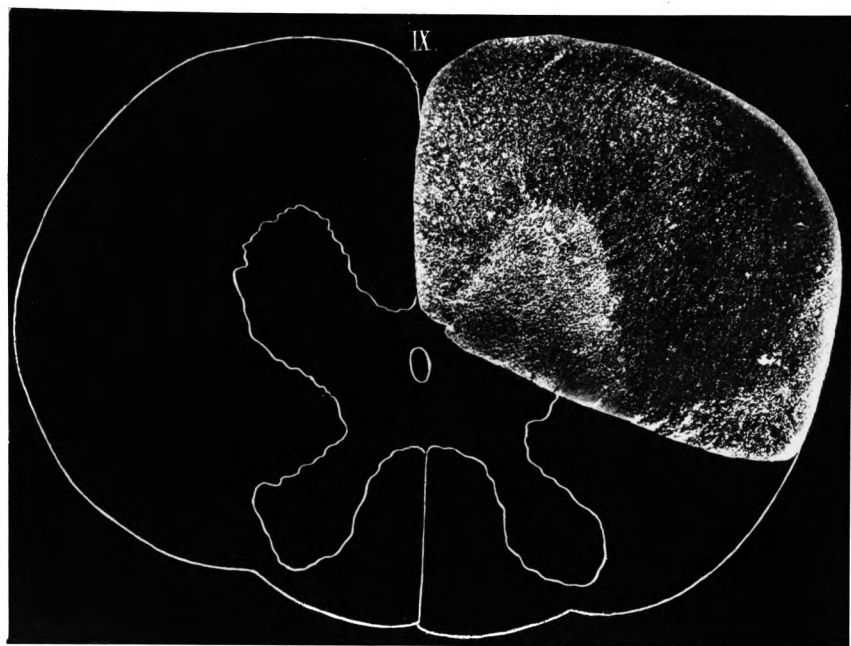
Hinterpfoten.

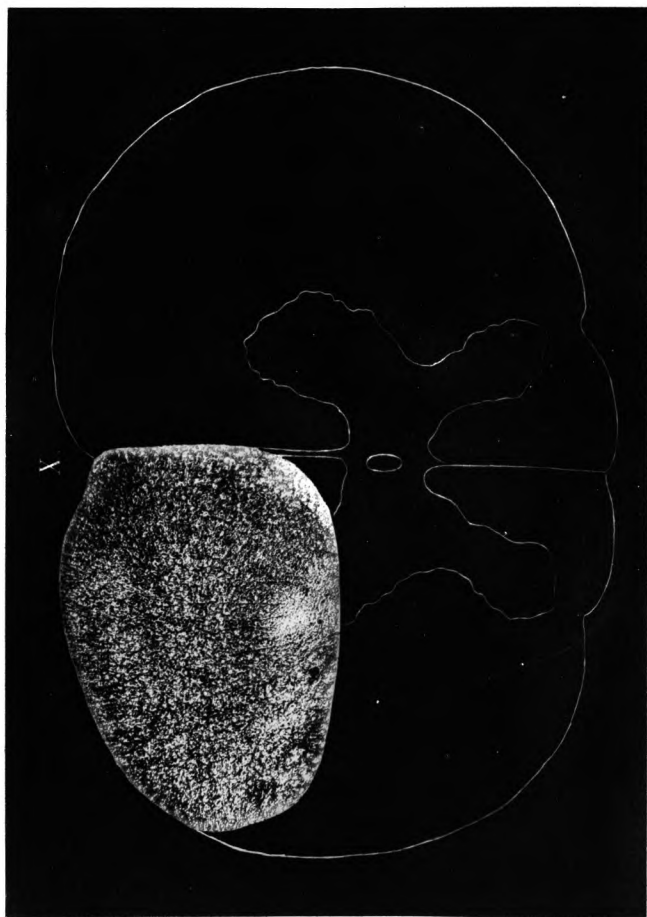
Rollen- abst.	Linke Seite.	Rollen- abst.	Rechte Seite.
44	Keine Wirkung.	45	Keine Wirkung.
43	Lebhaftes Bewegungen in den Armen, Ruhe in den Beinen.	44	Zuckungen im rechten Fuss.
44	Schwache Beugungen im linken Bein, lebhaftes Bewegungen in den Armen.	43	Schwache Beugungen im rechten Knie.
39	Dasselbe.	42	Starke Beugungen des rechten, schwächere des linken Beines.
		40	Wie vorher und Bewegungen der Arme.
		39	Dasselbe.

Auf einen schwachen Druck der linken Hinterpfote erfolgen lebhaftes Bewegungen in den Armen. Um dieselben Bewegungen von der rechten Hinterpfote zu erzeugen bedarf es eines weit stärkeren Druckes. Die Beine dagegen beantworteten die Drücke umgekehrt: in dem linken Bein kann nur schwache, in dem rechten sehr leicht starke Bewegung hervorgerufen werden. Besonders deutlich sind die Erfolge von Nadelstichen. Von der linken Hinterpfote aus bewirken sie den plötzlichen Eintritt kräftiger und öfter wiederholter Bewegungen der Arme, starke Beugung in dem rechten und schwache in dem linken Bein. Von der rechten Hinterpfote aus erzeugen sie Beugungen des gleichnamigen Beins und Bewegungen der Vorderpfoten, die jedoch später als nach der Reizung der linken Hinterpfote auftreten.

Bei der electrischen Reizung der Vorderpfoten (Rollensabstand 38 bis 34) treten Bewegungen in den Armen und in dem rechten Beine auf, das linke bleibt unbewegt. Das losgebundene Thier stützt sich beim Sitzen ausschliesslich auf die vorderen Gliedmassen. Wenn es in Folge eines Druckes auf eine der beiden Hinterpfoten entflieht, so arbeitet es vorzugsweise mit den Vorderpfoten. Nur zuweilen bewegt es das rechte Bein, und auch dann nur schwach.

Tetanisirungen auf dem Querschnitte des Markes in der Höhe des zweiten Halswirbels bedingen Bewegungen in den Muskeln der Arme und des Rumpfes, starke Beugungen des rechten und schwache Streckungen des linken Beines mit Ausspreizung der Zehen.





Tafel X.

Innerhalb des letzten Brustwirbels ist durchschnitten die rechte Seite des Markes, von der linken die weissen Hinterstränge, die hintere Hälfte der weissen Seitenstränge, das graue Hinterhorn, die grauen und weissen Commissuren und der grösste Theil des grauen Vorderhorns.

Electrische Reizungen.

Hinterpfoten.

Rollen- abst.	Rechte Seite.	Rollen- abst.	Linke Seite.
40	Ohne Wirkung.	44	Ohne Wirkung.
38	Schwache Zuckungen im rechten Hinterfuss.	43	Beugung im linken Knie.
37	Schwache Beugung im rechten Knie.	40	Dasselbe und schwache Zuckungen im rechten Bein.
30	Starke Beugung im rechten Bein, Bewegungen in den Vorderpfoten.	39/34	Schwache Bewegung in beiden Beinen.
29/24	Dasselbe, jedoch stärker.	30	Dasselbe, jedoch stärker.

Druck und Nadelstiche in die rechte Hinterpfote rufen Bewegungen in allen Gliedmassen hervor. Druck und Nadelstiche in die linke Hinterpfote erzeugen ausschliesslich Bewegungen der beiden Beine und des Schwanzes.

Druck auf die Vorderpfoten bedingt Bewegungen der Arme und der Wirbelsäule, die Beine zeigen dabei keine Zuckungen.

Tetanisirung auf dem Querschnitte des Rückenmarkes in der Höhe des zweiten Halswirbels ruft starke Bewegungen in den Muskeln der vorderen Gliedmassen und des Rumpfes und in dem linken Knie schwache Beugungen hervor. Das rechte Bein bleibt vollkommen ruhig.

beschaffen. Von den Vorderpfoten aus konnte nur das Bein auf der Seite, welcher noch ein Theil des Seitenstranges geblieben war, reflectorisch bewegt werden. Beim Sitzen wurde keins, beim Springen aber das Bein der Seite benutzt, welcher noch ein Strangrest zukam. Durch die Tetanisirung des Halsmarkes gerieth das Bein auf der Seite des Strangrestes in starke Beugung, auf der anderen in Streckung.

Einen Schritt weiter in der Zergliederung des Seitenstranges geht Versuch X, indem statt der vorderen Hälfte nur noch das vordere Drittel derselben vorhanden ist. Auch bei diesem Grade der Verstümmelung können noch von den Hinterpfoten der Seite aus, auf welcher der Seitenstrang vollständig zerstört ist, Reflexe im Vordertheil geweckt werden, welchen jedoch das Ansehen der Hyperästhesie vollkommen fehlt. Vom Vordertheile her waren jedoch keine Reflexe in den Beinen mehr auszulösen, und durch die Tetanisirung des Markes wurde nur noch das Knie auf der Seite bewegt, welche den Seitenstrangrest beherbergte.

Die Beobachtungen VIII, IX, X sind, von allem Andern abgesehen, als ein Zeugniß für unsere Methode beachtenswerth. Der Flächeninhalt der Brücke, durch welche das Lenden- und Dorsalmark noch zusammenhängen, ist auf eine sehr geringe Grösse herabgesunken, denn sie betrug für VIII noch 2,5 □Mm., für IX noch $\frac{4}{5}$ □Mm. und für X noch 2 □Mm. Trotzdem vermittelten die kleinen Bruchtheile des gesammten Querschnittes noch eine beträchtliche Zahl motorischer und sensibler Beziehungen zwischen den vor und hinter ihnen gelegenen Markmassen, zum Beweise dafür, dass sie ihre Structur noch unverseht erhalten hatten.

Mit diesem positiven Ergebniss war jedoch der Verdacht nicht beseitigt, dass diese Stücke der Zerrung oder der mangelhaften Ernährung wegen in der That weniger geleistet hätten, als sie es im unversehrten Zustande zu thun vermöchten. Darum schien es zweckmässig, statt der Bruchstücke eines diejenigen zweier Seitenstränge zu erhalten. Bei dieser Art der Verstümmelung bleiben je zwei der grauen Hörner und die weissen Vorder- oder Hinter-Stränge erhalten. Da dieselben, wie wir schon gesehen, keine langen Bahnen führen, so wird durch ihre Anwesenheit in den motorischen und sensiblen Eigenschaften des geschonten Markstückes nichts geändert. Durch ihre Masse und ihren Gefäss-

reichthum gewähren sie dagegen den Seitenstrangresten eine Stütze und sichern ihnen einen genügenden Zufluss von Blut.

Dieses Vorhaben ist in XI und XII verwirklicht. Die erste der genannten Reihen, Tafel XI, sollte den IX. Versuch bestätigen, denn in ihr waren die vorderen Hälften der beiden Seitenstränge erhalten. Wie die Aufzeichnungen lehren, so ist in der That die Uebereinstimmung der physiologischen Erscheinungen in Versuch IX und XI eine vollkommene, wobei man jedoch zu beachten hat, dass im letzteren sich die beiden Beine so verhalten, wie im ersteren das eine der Seite, auf welcher der Seitenstrangrest existirte.

Die Reihe, in welcher das Mark nach Angabe der Tafel XII verstümmelt war, ist ein Seitenstück zu Versuch VIII. Auch hier sind die physiologischen Erscheinungen der beiden Versuche nahezu identisch.

Die neue Anordnung des Versuchs dient mithin nicht blos zur Bestätigung der schon aufgedeckten Beziehungen zwischen den Functionen und den Seitenstrangresten, sie überzeugt uns auch davon, dass man unter Anwendung der nöthigen Vorsicht das Mark bis auf sehr kleine Bruchstücke quer durchschneiden kann, ohne die Structur derselben zu beschädigen.

Wenn wir die Erscheinungen überblicken, welche in den Versuchen VIII bis XII zum Vorschein kamen, so sehen wir:

In allen Theilen des Seitenstranges werden neben den sensiblen auch motorische Bahnen angetroffen. Beide sind also, soweit die vorliegende Zergliederung des Seitenstranges ein Urtheil gestattet, durchweg gemischt vorhanden.

Sensible Fasern der beiden Beine sind in jedem einzelnen der Seitenstränge vorhanden. Die Wirkungen desselben auf die Reflexe im Vorderkörper stellten sich jedoch verschieden; in dem ungleichnamigen Seitenstrang verlaufen Fasern, welche die Muskeln des Vorderkörpers zu stärkeren Reflexen veranlassen, als diejenigen, welche im gleichnamigen Seitenstrang emporsteigen. (Gekreuzte Hyperästhesie.)

Zur Erzeugung der gekreuzten Hyperästhesie sind nicht alle Abschnitte des ungleichnamigen Seitenstranges geeignet. Sie entsteht nur dann, wenn der Theil des ungleichnamigen Seitenstranges erhalten ist, welcher in dem Raume zwischen zwei Linien liegt, die in der Verlängerung des freien Endes der beiden

Tafel XI.

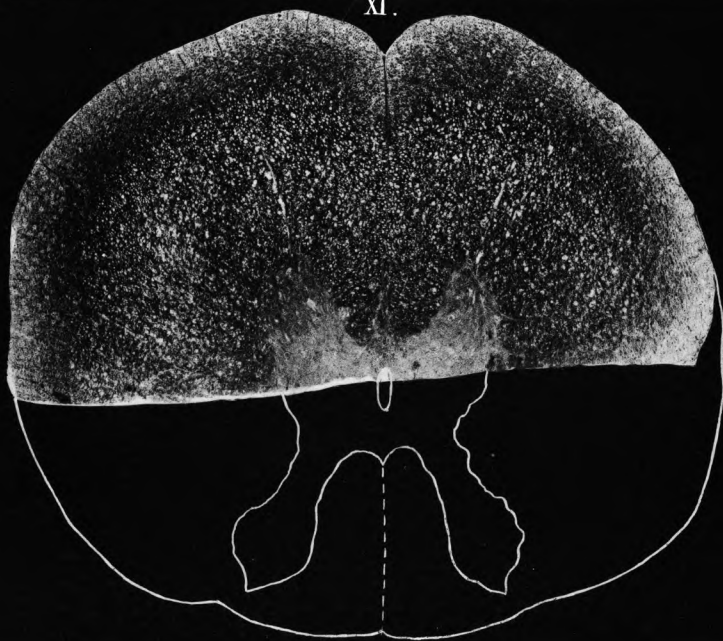
Innerhalb des letzten Brustwirbels sind durchschnitten die weissen Hinterstränge, der hintere Theil der Seitenstränge und die graue Substanz bis zur vorderen Commissur.

Auf Druck und electriche Reizungen einer jeden der beiden Hinterpfoten treten schwache Zuckungen in dem gereizten Beine und lebhaftere Bewegungen in den vorderen Extremitäten hervor.

Das losgebundene Thier unterstützt sich beim Sitzen nur mit den Armen, auch beim Laufen benutzt es nur diese, die hinteren Extremitäten sind gelähmt.

Tetanisirungen auf dem Querschnitte des Rückenmarkes unterhalb des calamus scriptorius rufen Bewegungen in den Muskeln der Arme und des Rumpfes, schwache Beugung in den Beinen hervor.

XI.



XII.



Tafel XII.

Das Thier war während der Operation schwach curarisirt. Innerhalb des ersten Lendenwirbels wurde mehr als die vordere Hälfte des ganzen Markes durchschnitten.

Electrische Reizungen.

Hinterpfoten.

Rollen- abst.	Rechte Seite.	Rollen- abst.	Linke Seite.
19	Ohne Wirkung.	18	Ohne Wirkung.
18	Schwache Bewegung im rechten Bein.	17	Bewegungen im linken Bein und schwache Zuckungen in den Armen.
17	Schwache Bewegung im rechten Bein und in den beiden Armen.	13	Beugung in den beiden Beinen und unregelmässige Bewegung in den Armen.
16	Stärkere Bewegungen im rechten Bein und in den beiden Armen, schwächere in dem linken Bein.	12	Stärkere Bewegungen in den Beinen, in den Armen Ruhe.
12/11	Wiederholte Beugung und Streckung in allen Extremitäten.	11	Wiederholte Bewegungen in den hinteren und vorderen Gliedmassen.

Nur die stärksten electrischen Reize und Drücke auf die Ohren und die Vorderpfoten können schwache Bewegungen in den Beinen, und auch dieses nur zuweilen hervorrufen.

Als drei Stunden nach vollendeter Operation die Reizungsversuche wiederholt wurden, liessen sich auf Druck der Hinterpfoten, besonders aber der linken, starke Beugungen in den hinteren und Bewegungen in den vorderen Beinen hervorbringen. — Durch Reizung der vor dem Rückenmarkschnitt gelegenen Körpertheile konnten dagegen keine Bewegungen in den hinteren Extremitäten erzielt werden.

Das losgebundene Thier stützt sich beim Sitzen nur auf die vorderen Extremitäten. Beim Laufen bedient es sich ebenfalls ausschliesslich derselben.

Bei der Tetanisirung auf dem Querschnitt des Markes in der Höhe des zweiten Halswirbels werden selbst durch schwache Inductionsströme deutliche Beugungen im linken und nach geringem Vorschieben der secundären Rolle auch im rechten Bein beobachtet. Mit dem weiteren Anwachsen der Reizstärke erscheinen Beugungen und Streckungen in den beiden Beinen. Unter dem Einfluss der stärksten Inductionsschläge beugen sich die beiden Beine tetanisch und pressen sich an den Bauch.

Commissuren gegen die Oberfläche des Markes gezogen werden. (Mittleres Drittel des Seitenstranges.)

Die sensiblen Faserungen, welche nur mässige aber keine lebhaften Bewegungen des Vorderkörpers hervorrufen, sind auch im hinteren und vorderen Drittel des Seitenstranges gelagert.

Motorische Fasern für die beiden Beine sind in jedem einzelnen der beiden Seitenstränge vorhanden. Es sind jedoch nicht allen Orten motorische Fasern von gleicher Leistungsfähigkeit eingebettet.

Durch Reizungen sensibler Flächen, die vor dem verstümmelten Orte des Markes liegen, können nur in dem Beine Reflexe ausgelöst werden, auf dessen Seite mindestens ein Theil des Seitenstranges erhalten ist; war also auf einer Seite der genannte Strang vollkommen zerstört, so ist es unmöglich, in dem zugehörigen Beine Reflexbewegungen zu erzielen, wie stark man auch die Vorderpfoten und die Ohren drücken und electricisiren mag. — Aber auch nicht jeder unversehrte Abschnitt des Seitenstranges ist vermögend, die reflectorische Erregung, die aus dem verlängerten Marke kommt, auf das gleichseitige Bein überzuführen. Soll dieses möglich bleiben, so muss mindestens die vordere Hälfte des Seitenstranges erhalten gewesen sein.

Die Bewegungen, mit welchen sich die Beine am Sitzen und Springen betheiligen, kommen nur so lange zu Stande, als das mittlere Drittel des Seitenstranges unversehrt ist. Da die Bewegungen der hinteren Extremitäten, welche zum Sitzen und Springen dienen, zu den sogenannten coordinirten gehören, so kann man auch sagen, dass die motorischen Bahnen, durch welche die Bewegungen der Beine coordinirt werden, in dem Raume der Seitenstränge verlaufen, welcher zwischen zwei Linien liegt, die in der Verlängerung der freien Flächen der Commissuren gegen die Oberfläche des Markes gezogen werden.

Die electricische Reizung des Halsmarkes unter dem calamus scriptorius ruft wiederholte, stossweise wechselnde Beugung und Streckung oder aber Tetanus der Beine hervor. Von der erstern, der geordneten Bewegung wird ein Bein nur dann ergriffen, wenn von dem zugehörigen Seitenstrang zum mindesten noch das mittlere Drittel erhalten ist. — In die tetanische Contraction geräth dagegen ein Bein auch dann noch, wenn selbst der gleichnamige Seitenstrang vollkommen zerstört ist. Die tetanisirend wirkenden Fasern verlaufen also für jedes der beiden

Beine in jedem der beiden Seitenstränge; sie sind jedoch nicht für jedes der beiden Beine an allen Orten eines Seitenstranges vorhanden. Denn nach der vollständigen Entfernung des einen und der Zerstörung der vorderen zwei Drittel des andern Seitenstranges beschränkte sich die tetanische Zusammenziehung auf das Bein der Seite, welcher der Markrest angehörte.

Die vorstehenden Versuche werfen auch einiges Licht auf den Mechanismus, welcher es bedingen kann, dass gleiche Reize so viel stärkere Wirkungen vom Hintertheil der verletzten Markseite aus als von der andern her erzeugen. — Der centrale Ort, durch dessen Vermittelung die Erscheinungen der Hyperästhesie zu Tage treten, liegt im Gehirn. Hierüber kann man für den Menschen nicht zweifelhaft sein, weil sich die Erregung der betreffenden Nerven als Schmerz ¹⁾ äussert. Dieses Kennzeichen fehlt uns allerdings für das Kaninchen, da wir die Hyperästhesie hier nur aus dem überhöhten Reflexe abzuleiten vermögen. Dessen ungeachtet müssen wir auch hier den Ort der Reflexübertragung in einem Hirntheile suchen, weil wir durch die schon oben erwähnten Beobachtungen von *Owsjanikoff* wissen (pag. 111), dass sich die sensiblen Reize der Beinerven nur so lange in Bewegungen des Kopfes und der Arme umsetzen, als noch ein bedeutender Bruchtheil des verlängerten Markes erhalten ist. Aus dieser Lage des reflectirenden Organes erklärt sich zunächst die von mir beobachtete Erscheinung, dass regelmässig die Muskeln, welche hinter und auf der Seite des verletzten Stranges liegen, an der Erhöhung der Reflexe keinen Antheil nehmen. Die Ausnahmstellung der genannten Muskeln folgt mit Nothwendigkeit aus unserem Vordersatz, weil die motorischen Nerven des Beines durch den Markschnitt aus ihrer Verbindung mit dem Gehirn gelöst sind, so dass sie den Reflex dorthin nicht mehr übertragen können. — Die Ursache, welche die entsprechenden Hirntheile zu einer erhöhten Thätigkeit veranlasst, beruht in einer stärkeren Wirkung der sensiblen Nerven, die aus den hyperästhetischen Stellen herankommen, keineswegs aber auf einem erhöhten Erregungsgrade der Organe,

1) Als Beweis hierfür dient namentlich die ganz unzweideutige Beobachtung von *W. Müller*, Beiträge zur patholog. Anatomie des menschlichen Rückenmarkes. Jena 1874. Hieraus bei *Leyden*, Klinik d. Rückenmarks-Krankheiten. 1874. p. 99.

welche die Empfindung und den allgemeinen Reflex vermitteln. Nur unter diesen Voraussetzungen ist es zu verstehen, weshalb die Reizung der sensiblen Nerven auf und unterhalb der verletzten Markseite den Reflex überhöht, während er durch keine andere sensible Bahn aus den normalen Grenzen zu führen ist. Hiermit beseitigt sich denn auch die Annahme, dass die in dem Markschnitt liegenden Fasern, weil sie selbst gereizt wurden, das reflectorische Organ dauernd erregen. Denn wäre das Organ selbst in einem Reizungszustande, so müsste es jeden Antrieb, gleichgültig woher er auch käme, stärker beantworten. Die Plötzlichkeit, mit welcher die Hyperästhesie nach der Vollführung des Schnittes hervorbricht, dürfte auch schwer mit der Annahme eines veränderten Zustandes der reflectorischen Centren vereinbar sein, da es zur Entwicklung desselben jedenfalls eines längeren Zeitraumes bedürfte. Von einer durch den Schnitt bedingten Erhöhung der Erregbarkeit in den Nervenbahnen, welche den Reflex auslösen, kann auch schon darum nicht die Rede sein, weil jene Nerven gar nicht durch den Schnitt, ja nicht einmal in der Nähe desselben verlaufen.

Beachtenswerth ist es, dass die Durchschneidung, beziehungsweise die Erhaltung nicht aller Theile des Seitenstranges, in denen sich sensible Bahnen vorfinden, die Hyperästhesie erzeugen kann. Damit die letztere erscheine, muss sich einerseits der Schnitt über die Faserungen hinaus erstrecken, welche im mittleren Drittel des Seitenstranges verlaufen; die in Folge der einseitigen Durchschneidung des genannten Stückes aufgetretene Hyperästhesie verschwindet alsbald wieder, wenn auch auf der zweiten Seite zwei Drittel des genannten Stranges zerstört werden. Nach dieser zweiten Operation sind nun aber keineswegs alle sensiblen Brücken zwischen den Beinen und dem Gehirn weggenommen. Aus dieser Erfahrung ist zu schliessen, entweder dass die Summe oder die Art der vorhandenen Fasern zu dem Auftreten der überhöhten Empfindlichkeit in Beziehung steht.

In den localen Reflexen, welche nach den aufeinanderfolgenden Reizungen des Beines der verletzten und des der unverletzten Seite des Rückenmarkes hervortreten, macht sich keineswegs bei allen Graden der Reizstärke ein Unterschied bemerklich. Wenn man nach beiderseitiger Anlegung der Electroden, wie es oben beschrieben wurde, den Rollenabstand auf-

sucht, durch welchen der minimale Reflex bedingt wird, so findet man fast regelmässig, dass beiderseits bei demselben Rollenabstand die Zuckung beginnt. Wollte man also dem gewöhnlichen Sprachgebrauch gemäss die Erregbarkeit der Nerven durch den Rollenabstand definiren, welcher die minimale Zuckung hervorbringt, so würde man dieselbe in dem Fusse der durchschnittenen gleich der in dem Fusse der undurchschnittenen Seite zu setzen haben. Ein Unterschied tritt erst hervor, wenn man den Reiz von seiner Schwelle an verstärkt. Denn nun wächst allerdings von der unverletzten Seite aus der locale Reflex; aber es fehlen die allgemeinen Bewegungen, welche von der verletzten Seite her alsbald ausgelöst werden. Um es zu diesen zu bringen, müssen dem Beine auf der unverletzten Seite weit stärkere Inductionsschläge zugeführt werden. Daraus folgt also: die Fasern, welche den localen Reflex erregen, sind beiderseits gleich erregbar, diejenigen dagegen, welche den allgemeinen Reflex auslösen, sind auf der verletzten Seite erregbarer als auf der unverletzten.

Von allen Hypothesen, durch welche man die hier in Frage kommende Hyperästhesie zu erklären versuchte, schliesst sich nur eine den Thatsachen in genügender Weise an, diejenige nämlich, welche den Eintritt der Ueberempfindlichkeit aus dem Wegfall einer Anzahl von hemmenden Fasern ableitet. Auch mit meinen Versuchen lässt sie sich in Einklang bringen, vorausgesetzt, dass man den Ort, an welchem die hemmenden Fasern zu ihrer Thätigkeit angeregt werden, in ihre peripherische Ausbreitung, nicht aber, wie es bisher geschehen, in das Gehirn verlegt. Diese Abänderung der früheren Vorstellung wird nach den neuen Beobachtungen über die Lage der Reflexcentren zur Nothwendigkeit, sie ist aber auch nicht mehr für gewagt zu erachten, seitdem uns zahlreiche Nerven bekannt sind, die in gereiztem Zustande reflectorische und automatische Bewegungen zu beseitigen wissen, welche im Bereiche der Skelet- und Gefäss-Muskeln von anderen Orten her angeregt wurden. Es wird genügen, in dieser Beziehung an die oft citirten Beobachtungen von *Setschenow* (Reizung des nerv. ischiadicus mit Kochsalz), *J. Rosenthal* (n. laryngeus super.), *C. Ludwig* und *Cyon* (n. depressor), *Lewisson* (Umschnürung der Froscharme) zu erinnern.

Von unserem Gesichtspunkte aus würden die bei den Markschnitten gesammelten Erfahrungen dahin zu deuten sein, dass

die hemmenden Fasern eines Beines vorzugsweise im gleichnamigen, die reflexauslösenden dagegen vorzugsweise im gegenüberliegenden Seitenstrange verlaufen. Auf beiden Seiten des Markes wäre also jede Gattung von Fasern, jedoch in ungleichen Verhältnissen, vertreten.

Mit dem Versuche, die alte Hypothese mit den neuen That-sachen in Einklang zu bringen, verbinde ich keineswegs die Absicht, sie für die allein mögliche zu erklären. Von allem Andern abgesehen, mahnt schon die folgende thatsächliche Bemerkung zur Vorsicht.

Die von *Fodera*¹⁾ zuerst beobachtete und von *Brown-Sequard* genauer beschriebene und zergliederte Hyperästhesie, welche nach einseitiger Verletzung des Rückenmarkes der Säugethiere eintritt, pflegt man in der Regel mit derjenigen zusammenzustellen, welche von *Türk* am Frosche zuerst bemerkt und sorgfältig studirt wurde. Zwischen beiden bestehen jedoch nach meinen Versuchen zwei wesentliche Unterschiede. Nach der Durchschneidung der betreffenden Markstellen beschränkt sich beim Frosche die grössere Lebhaftigkeit der ausgelösten Bewegung auf den Körpertheil, welcher auf der Seite und hinter dem Markschnitte liegt, während umgekehrt beim Kaninchen der hinter und auf der Seite des Schnittes gelegene Körpertheil sich träger bewegt, indess die vor dem Schnitt gelegenen Muskeln und das Bein der entgegengesetzten Seite energischer reagieren, wenn die Haut hinter und auf der Seite des Schnittes gereizt wurde. Eine zweite nicht minder wichtige Abweichung zwischen dem Frosch und Kaninchen besteht darin, dass die Hyperästhesie, welche bei dem erstern auf einer Seite besteht, auch auf der zweiten hervorgerufen werden kann, wenn man das anfangs nur halb durchschnittene Mark nun gänzlich vom Gehirn abtrennt. Unter diesen Umständen verschwindet aber beim Kaninchen die Hyperästhesie vollkommen, trotzdem dass dieselbe auch bei diesem Thiere durch partielle Zerstörungen beider Seitenstränge eine doppeltseitige werden kann. — Diese Verschiedenheiten zwischen den Reflexen nach theilweisen und voll-

1) *Longet*, *Traité de physiologie* 1869. III, p. 341. *Brown-Sequard*, *Experimental and clinical researches on the physiology etc.* Richmond 1855.

kommenen Durchschneidungen des Markes deuten auf eine ungleiche Abhängigkeit der Reflexcentren vom Gehirne hin.

4. An die Versuchsreihen, in welchen das Mark von hinten nach vorn zergliedert wurde, schliessen sich nun andere an, in welchen die Zerlegung von rechts nach links geschah. Proben aus diesen Reihen geben die Tafeln XIII bis XVII und die zu ihnen gehörenden Aufzeichnungen.

Wenn die Zerstörung der Seitenstränge nach Angabe von Tafel XIII ausgeführt, wenn also beiderseits das äussere Drittel der Seitenstränge weggenommen war, so verhielt sich das Thier fast in jeder Beziehung wie ein normales. Kein Ort war hyperästhetisch, wohl aber waren alle empfindlich. Die Reflexe konnten von jedem Glied aus in allen übrigen hervorgerufen werden. Das Thier unterstützte sich beim Sitzen und Springen mit den Beinen und bei der tetanischen Reizung des durchschnittenen Halsmarkes traten coordinirte Bewegungen in allen Gliedern des Körpers hervor. Nur die Füsse waren durch die Verletzungen in ihren Bewegungen beeinträchtigt. Ihre Zehen waren tetanisch gebeugt, das linke Fussgelenk gestreckt, das rechte gelähmt.

Wenn man, wie es in dem Rückenmark geschehen, das Tafel XIV abbildet, einen noch grösseren Theil der Seitenstränge von aussen her wegnimmt, so häufen sich nun schon die Abweichungen vom Normalzustand. In dem vorliegenden Falle war der Schnitt auf der rechten Seite entfernter von der grauen Masse geführt worden als auf der linken. In dem Beine der rechten Seite war die Empfindlichkeit normal, namentlich fehlte die Hyperästhesie. Auch die Reizungen sensibler Theile des Vorderkörpers bewirkten im rechten Beine vollkommen ausgeprägte Reflexe, beim Laufen und bei der Tetanisirung des Halsmarkes traten im rechten Beine die normalen Erscheinungen hervor. Es ist beachtenswerth, dass der Fuss keine Bewegungsstörungen darbot.

Auf der linken Seite, wo der Schnitt näher an die graue Masse herangedrungen war, hatte sich im gleichnamigen Beine Hyperästhesie und eine Störung der Bewegungen ausgebildet, die sich vorzugsweise auf den Unterschenkel und den Fuss erstreckte, während in dem Oberschenkel noch ein deutlicher Rest von Beugung sichtbar war, der bei sensiblen Reizungen des

Tafel XIII.

Innerhalb des letzten Brustwirbels sind beiderseits die äusseren Dritttheile der weissen Seitenstränge durchschnitten.

Nach Vollendung der Operation erscheinen die Zehen beider Füsse tetanisch gebeugt, das linke Fussgelenk aber gestreckt.

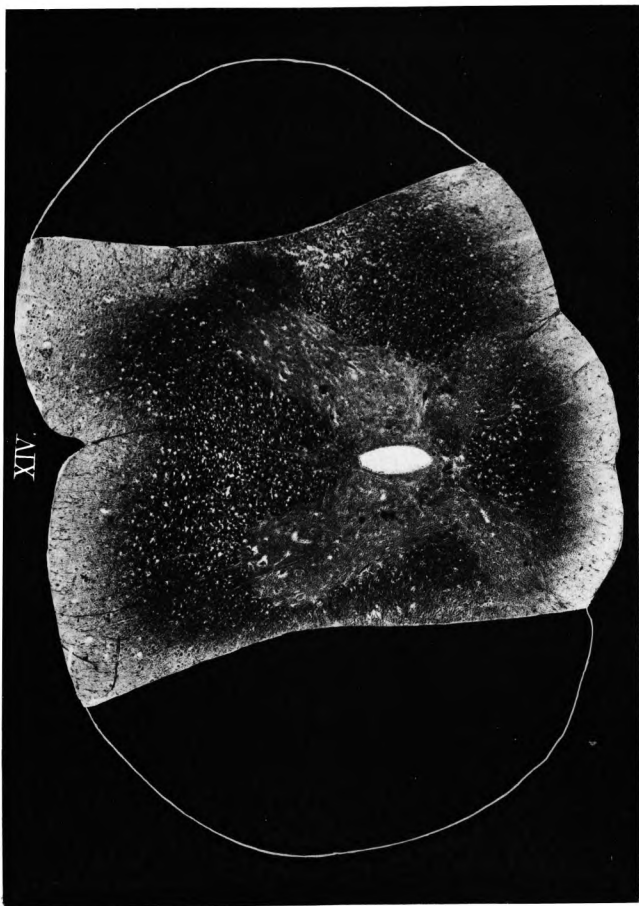
Der Druck auf je eine der beiden Hinterpfoten bedingt Beugung der gereizten Gliedmassen und Bewegungen in den übrigen Extremitäten. Die Füsse der hinteren Extremitäten nehmen jedoch an der Beugung keinen Antheil. Denselben Erfolg bedingt ein Druck auf die Vorderpfoten oder die Ohren.

Das losgebundene Thier unterstützt sich beim Sitzen mit seinen vier Gliedmassen; wenn es läuft, so arbeitet es mit allen Extremitäten. Die Fussgelenke werden hierbei nicht vollkommen gebeugt, namentlich geht dem linken diese Bewegung ab.

Tetanisirung auf dem Querschnitt des Markes unter dem calamus scriptorius ruft auch bei grösserem Rollenabstand coordinirte Bewegungen in allen Theilen des Körpers hervor. Ausgenommen hiervon sind die Fussgelenke, welche niemals in Beugung gerathen.

XIII.





Tafel XIV.

Innerhalb des letzten Brustwirbels ist beiderseits ein Theil der Seitenstränge durchschnitten. Auf der linken Seite erstreckt sich die Zerstörung weit näher an die graue Masse als auf der rechten.

Ein schwacher Druck auf die linke Hinterpfote ruft schwache Zuckungen im linken Bein und lebhaftere Bewegungen in den Armen hervor. Ein schwacher Druck auf die rechte Hinterpfote bleibt wirkungslos. Bei Verstärkung des Druckes treten bedeutende Bewegungen in dem gleichnamigen und schwache Bewegungen in dem linken Bein auf. Bei noch weitergehender Steigerung des Druckes kommt es auch zu Bewegungen in den Armen.

Durch einen Druck auf die Vorderpfoten oder die Ohren entstehen ausser den Bewegungen in den vorderen Körpertheilen auch starke Beugungen in allen Gelenken des rechten Beines, im linken dagegen lassen sich nur unvollkommene Beugungen erkennen.

Das losgebundene Thier benutzt beim Laufen die beiden Arme und das rechte Bein, das linke beugt es nur spurweise.

Die Tetanisirung auf dem Querschnitte des Markes unter dem calamus scriptorius bedingt, ausser den bekannten Erscheinungen in dem vorderen Theil des Körpers, wiederholte Beugungen und Streckungen des rechten und eine unvollkommene Beugung des linken Beines.

Tafel XV.

Innerhalb des letzten Brustwirbels sind durchschnitten die weissen Vorder- und Hinterstränge, die graue Masse und beiderseits ein Theil der Seitenstränge. Rechts ist nur der Theil des Seitenstranges weggenommen, welcher die seitliche Ausbiegung der grauen Masse ausfüllt, links dagegen erstreckt sich die Verletzung von innen her um ein beträchtliches in den weissen Seitenstrang hinein.

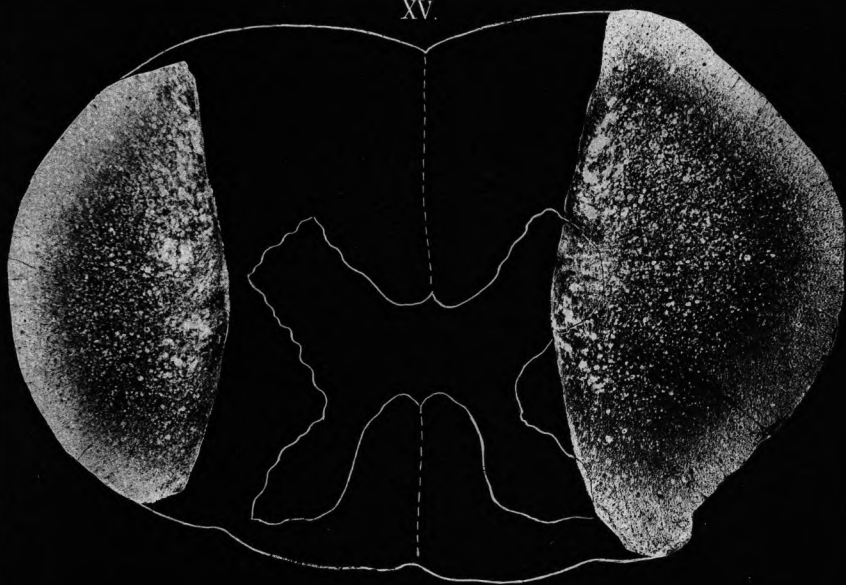
Unmittelbar nach der Operation erscheinen die Muskeln der beiden Beine gelähmt. Ein schwacher Druck auf dieselben ruft in den Armen lebhaftere, in den Beinen aber keine Spur von Bewegung hervor.

Eine Stunde nachher bedingt ein schwacher Druck auf den linken Fuss Bewegungen in beiden Armen und dem rechten Beine, das linke aber bleibt ruhig. Durch Druck auf die Ohren oder die Vorderpfoten werden Bewegungen im Vorderkörper und ein Anziehen der beiden Beine veranlasst.

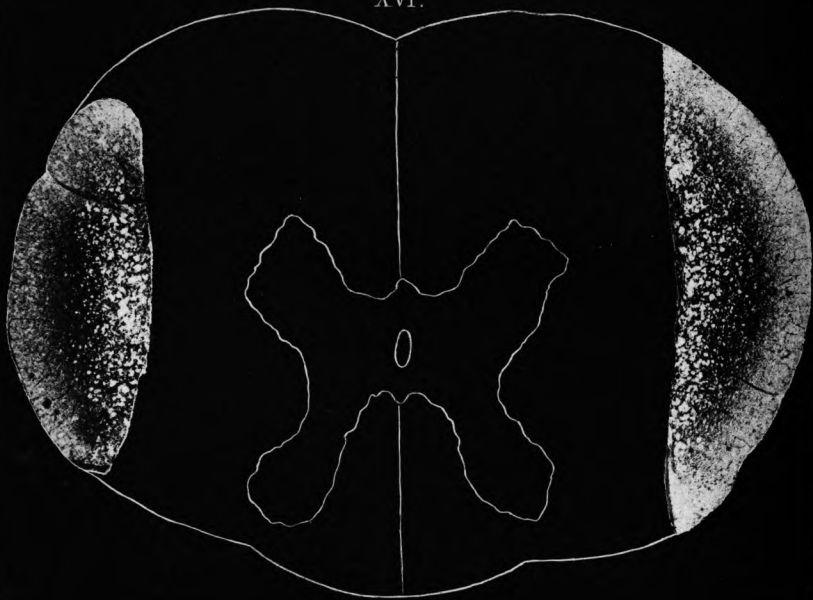
Das losgebundene Thier unterstützt sich in gewöhnlicher Weise mit den Armen, die Beine sind unter den Leib gezogen. Dieselben Erscheinungen bestehen auch noch 5 Stunden nach der Operation. Hebt man das Thier am Felle empor, so bewegen sich die beiden Beine in ähnlicher Weise wie es beim Laufen zu geschehen pflegt.

Tetanisirung auf dem Querschnitt des Markes unter dem calamus scriptorius bedingt eine tetanische Beugung der Beine.

XV.



XVI.



Tafel XVI.

Innerhalb des letzten Brustwirbels sind durchschnitten die graue Masse, die weissen Vorder- und Hinterstränge und der innere Theil beider Seitenstränge.

Electrische Reizungen.

Hinterpfoten.

Rollen- abst.	Rechte Seite.	Rollen- abst.	Linke Seite.
10	Keine Wirkung.	16	Ohne Wirkung.
9	Schwache Zuckung im rechten Bein, lebhaftere Bewegung in den Armen.	15	Nur Bewegung in den Armen.
5	Dasselbe.	9	Dasselbe und schwache Beugung in der linken Hinterpfote.
		8	Starke Beugung des linken Beins, lebhaftere Bewegung der Arme.

Ein schwacher Druck auf eine jede der beiden Hinterpfoten ruft lebhaftere Bewegungen in den vorderen Körpertheilen hervor. Die Beine hingegen bleiben ruhig. Bei einem stärkeren Druck auf die Hinterpfoten kommt es ausser der eben genannten Bewegung auch noch zu schwachen Zuckungen in den Beinen.

Das losgebundene Thier unterstützt sich beim Sitzen nur mit den Armen. Zu seiner Fortbewegung benutzt es ausschliesslich nur diese. Ebenso fehlen alle coordinirten Bewegungen der Beine, wenn man dem laufenden Thiere starke electrische Schläge oder Drücke auf irgend einen Körpertheil beibringt. Zuckungen in einzelnen Muskeln der Beine kommen jedoch zum Vorschein.

Tetanisirung auf dem Querschnitt des Markes unter dem calamus scriptorius bedingen Bewegungen in den vorderen Körpertheilen und eine kräftige tetanische Beugung der Beine.

Tafel XVII.

Innerhalb des letzten Brustwirbels ist aus dem linken weissen Seitenstrang ein Stück ausgeschnitten. Die innere Grenze des weggenommenen wird gegeben durch eine Linie, welche unmittelbar an den hinteren und vorderen Hörnern von vorn nach hinten streicht. Die äussere Grenze des weggenommenen liegt ungefähr am Drittheil des grössten Durchmessers der Seitenstränge.

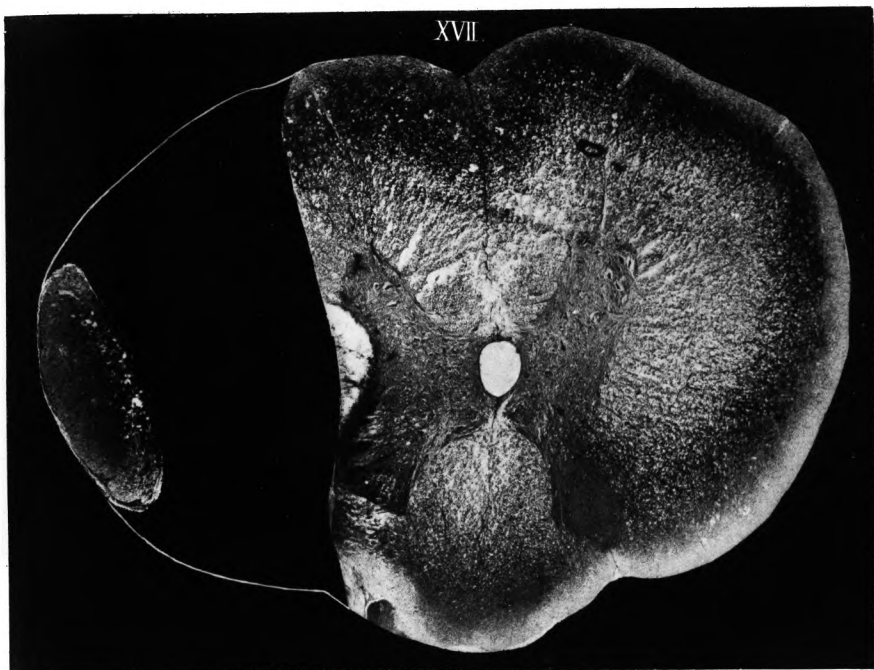
Nach Vollendung der Operation befinden sich die Muskeln des linken Oberschenkels in einer tetanischen Spannung, welche es dem Thiere unmöglich macht den linken Oberschenkel an den Leib zu ziehen.

Ein schwacher Druck auf die linke Hinterpfote ruft in dem gleichnamigen Beine schwache, in allen übrigen Gliedern dagegen starke Bewegungen hervor. — Um denselben Effect von der rechten hinteren und den beiden vorderen Pfoten hervorzurufen ist die Anwendung eines weit stärkeren Druckes nothwendig.

Das losgebundene Thier läuft kurze Zeit nach der vollendeten Operation nur auf den Armen und dem rechten Beine, das linke Bein, dessen Gelenke in schwacher Beugung stehen, bleibt vollkommen unthätig. Zwei Stunden nachher bieten sich noch dieselben Erscheinungen. Fünf Stunden nach der Operation bedient es sich dagegen beim Laufen und Springen der beiden Beine in anscheinend gleicher Weise. Wenn das fortspringende Thier am rechten Beine festgehalten wird, so führt es mit dem linken stossende Bewegungen aus. — Nach einer wiederholten Ausführung der Sprungbewegungen, wenn sich z. B. das Thier durch eine Strecke von etwa 10 Meter Länge fortbewegt hatte, wurden die Antriebe von dem Bein der verletzten Seite nicht mehr gleichzeitig mit denen der übrigen Gliedmassen, und auch weniger kräftig ausgeführt. Wurde von nun an das Thier durch fortgesetzte Reize zu weiterm Entfliehen genöthigt, so sprang dasselbe nur auf drei Extremitäten, während es das Bein der verletzten Seite in gebeugter Lage über dem Boden emporhielt. Die Hyperästhesie des linken Beines ist unverändert.

Tetanisirung auf dem Querschnitt des Markes unter dem *calamus scriptorius* ruft auch bei grösserem Rollenabstand Bewegungen in allen Gliedmassen hervor; ausgenommen ist nur der Oberschenkel des linken Beines. In diesem beugen sich nur das Knie und die Fussgelenke.

XVII



Vordertheiles, beim Versuche zum Laufen und der Tetanisirung des Halsmarkes zum Vorschein kam.

Die Angabe früherer Versuche, nach welchen die motorischen Bahnen des Fusses und des Unterschenkels gegen den äusseren Umfang des Seitenstranges liegen, empfängt hierdurch wiederum ihre Bestätigung.

Die Zerstörungen, welche auf Tafel XV dargestellt sind, bilden, jedoch nur annähernd, das Gegenstück zu den durch Tafel XIV vertretenen. Eine Aehnlichkeit beider liegt insofern vor, als hier wie dort der Schnitt auf der einen Seite näher zur grauen Masse hingeht als auf der andern. Von den Seitensträngen der Tafel XV blieb dagegen mehr erhalten, als an dem auf Tafel XIV verzeichneten Marke zerstört war. Der kleinste von den beiden in Tafel XV erhaltenen Bruchtheilen der Seitenstränge ist etwa so gross als der grösste der in Tafel XIV weggeschnittenen. Mithin ist der grössere von den erhaltenen Seitenstrangresten in der jetzt vorliegenden Tafel umfänglicher als der grössere der vorhin zerstörten Antheile. — Bei der Durchsicht der zugehörigen Protokolle wolle man die so eben hervorgehobenen Grössenunterschiede des zerstörten und erhaltenen Antheils der Seitenstränge nicht ausser Acht lassen. Um die ganze Bedeutung des in Tafel XV fehlenden Stückes der Seitenstränge zu würdigen, ist es ausserdem rathsam, sich der Ergebnisse zu erinnern, welche die auf Tafel I dargestellte Zerstörung herbeiführte. — In dem gegenwärtig vorliegenden Falle (Tafel XV) verhalten sich nun, trotz der ungleichweit vorgeschrittenen Zerstörung der beiden Seitenstränge, die physiologischen Erscheinungen der beiden Beine annähernd gleich und insoweit ähnlichen, welche in Beobachtung XIV auf der Seite der grössten Verletzung des Seitenstranges vorhanden waren, als jetzt die beiden Beine hyperästhetisch sind. Auch ist nun beiderseits die geordnete Bewegung beeinträchtigt, dieses letztere jedoch nicht so weit, wie es auf der linken Seite der Beobachtung XIV der Fall war, auf welcher das grössere Stück des Seitenstranges fehlte. Denn bei der gegenwärtig veranschaulichten Verletzung wurden zwar ebenfalls die Beine beim Sitzen und Laufen nicht benutzt, aber sie waren doch nicht so weit gelähmt wie dort, sondern an den Bauch gezogen; sie konnten sogar in wechselnder Folge, ähnlich wie beim Laufen, gebeugt und gestreckt werden, eine Bewe-

gung, die jedesmal eintrat, wenn das Thier am Fell schwebend emporgehoben wurde.

Die Versuchsreihe, welche durch Tafel XVI veranschaulicht wird, ist das Gegenstück zu XIII, denn hier ist nur das äussere Dritttheil jedes der beiden Seitenstränge unversehrt geblieben, alles übrige aber durchschnitten. Dieser Grad von Zerstörungen ruft beiderseits Hyperästhesie hervor, die sich jedoch nur durch lebhaftere Bewegungen im Vorderkörper äussert. Die Beine sind dagegen erst nach starken Reizen in Zuckungen zu versetzen. Es fehlen diesen auch die coordinirten Bewegungen, obwohl die motorischen Antriebe, welche von oben her in das Mark eindringen, noch eine Wirkung auf die Beine zu äussern vermögen. Dieses giebt sich durch Zuckungen einzelner Muskeln zu erkennen, wenn die Vorderpfoten oder die Ohren stark gereizt werden; auch während der Tetanisirung des Halsmarkes trat eine kräftige tetanische Beugung in den Beinen ein.

Eigenthümlich fallen die physiologischen Erscheinungen aus, wenn die Verletzung nach Angabe der Tafel XVII ausgeführt wird, wenn also ein schmaler Saum des innersten und ein beschränktes Stück des äussersten Theiles eines der beiden Seitenstränge erhalten ist. Unmittelbar und selbst noch einige Stunden nach der Operation verhält sich, mit Ausnahme der Störungen, die in den Muskeln des Fusses eintreten, das Thier ähnlich wie ein solches, dem etwa die äusseren zwei Drittel des Seitenstranges erhalten waren. Das Bein auf der verletzten Seite ist hyperästhetisch und beim Laufen oder Springen trägt es das Bein der verletzten Seite gebeugt. Fünf Stunden nach vollendeter Operation zeigt sich das Bein zwar hyperästhetisch, aber die Fähigkeit zur coordinirten Bewegung ist wiedergekehrt; aber auch dieses nur vorübergehend, denn nach jeder selbst kurzdauernden Anstrengung ermüden die geordneten Bewegungen. Auf eine theilweise Lösung ihrer Abhängigkeit vom Hirn deutet auch das Verhalten des Gliedes während der Tetanisirung des Markes. Unter ihrem Einfluss bewegten sich nicht alle Gelenke des Beines der verletzten Seite mit gleicher Lebhaftigkeit. Das Hüftgelenk ruhte, indess sich Knie und Fussgelenk beugten.

Aus einem Ueberblick über die Resultate, welche die Zergliederung der Seitenstränge parallel der Mittellinie des queren Markschnittes geliefert hat, finden wir zunächst bestätigt, dass

an allen Orten des Seitenstranges motorische und sensible Bahnen untereinander gemischt sind.

Bevorzugt erscheint jedoch der Theil, welcher zwischen den seitlichen Hervorragungen der grauen Masse — in der Bucht zwischen den Vorder- und Hinter-Hörnern und zwischen den stärkeren der zugespitzten Ausläufer der grauen Masse — eingeschlossen ist. An diese Abtheilung der weissen Stränge knüpft sich die Befähigung, coordinirte Bewegungen zu übertragen und zugleich das Vermögen, die allzu grosse Empfindlichkeit der sensiblen Nerven niederzuhalten.

Wenn wir die Thatsachen, die durch die Zergliederung des Seitenstranges von hinten nach vorn (pag. 135) gewonnen wurden, mit den in der letzten Versuchsreihe erhaltenen verknüpfen, so lässt sich der Ort, durch dessen Zerstörung die Hyperästhesie entsteht und die coordinirte Bewegung verschwindet, noch näher begrenzen. Nach vorn und hinten ist sie eingeschlossen durch zwei Linien, welche von den freien Enden der vorderen und hinteren Commissur aus senkrecht auf die Halbirungslinie des querdurchschnittenen Markes gegen die freie Oberfläche des letzteren gezogen werden; nach innen wird sie begrenzt durch den Körper der grauen Masse, nach aussen durch eine Linie, welche die Spitzen der Ausläufer mit einander verbindet, die aus der grauen in die weisse Masse hineinstrahlen. Mit einem Wort, der Abschnitt, in welchem die genannten Faserungen verlaufen, umfasst etwas weniger als die innere Hälfte des mittleren Drittels der Seitenstränge. — In den Abschnitten des Seitenstranges, welche ausserhalb des eben bezeichneten Gebietes liegen, vertheilen sich zwar überall motorische Faserungen, diese aber scheinen nicht für alle Abtheilungen des Beines gleichmässig gemischt zu sein, denn zum öfteren wurden die Muskeln des Fusses gelähmt, wenn das äussere Drittel der Seitenstränge weggeschnitten war, und umgekehrt, sie blieben beweglich, wenn das genannte Stück erhalten und das mittlere Drittel des Stranges verletzt gewesen. Unter diesen Umständen trat dagegen eine Lähmung in den Muskeln des Hüftgelenkes ein. Diesem Befunde gemäss wird man die Bahnen für die Muskeln des Unterschenkels und des Fusses weiter nach dem seitlichen Umfange der Seitenstränge, die des Oberschenkels dagegen mehr gegen die Mitte desselben zu suchen haben.

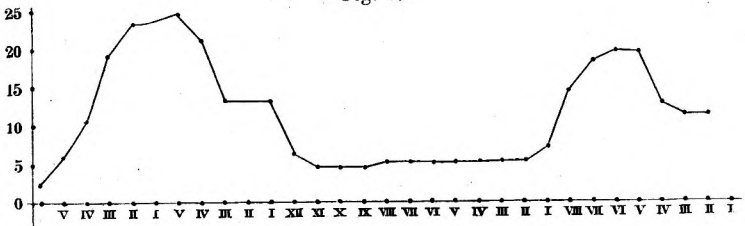
Auffallend endlich ist es, dass man sowohl in der Richtung

von vorn nach hinten, als auch in der von rechts nach links grössere Stücke des Seitenstranges entfernen kann, ohne dass die Functionen der sensiblen und motorischen Theile des Beines leiden, trotzdem dass sich der sensible und motorische Charakter der entfernten Stücke mit Sicherheit nachweisen lässt. Vorausgesetzt, dass das ungestörte Bestehen der Leistungsfähigkeit nicht ein scheinbares, durch die Mangelhaftigkeit unserer Prüfungsmittel vorgetäusches ist, so muss man annehmen, dass derselbe Muskel oder dieselbe Hautfläche schon innerhalb des Rückenmarkes auf verschiedenen Stellen seine Vertretung findet. Dieses Verhalten würde an ein entsprechendes der Nervenwurzeln erinnern, von denen, wie *Eckhard*, *Peyer* und *Türk* nachgewiesen haben, ebenfalls je zwei oder drei verschiedene dasselbe Gebiet versorgen.

5. Die eigenthümliche Stellung, welche den mitgetheilten Versuchen gemäss die Seitenstränge innerhalb des Rückenmarkes einnehmen, muss sich auch im anatomischen Bau derselben ausdrücken. Um hierüber Aufschluss zu erhalten, schien es gerathen, die Flächenmasse der einzelnen Rückenmarkstränge auf verschiedenen Höhen sowohl unter einander als auch mit dem Flächeninhalt der Wurzelquerschnitte zu vergleichen, welche entweder von unten bis zu dem Orte des Markes eingetreten waren, an welchem die Querschnitte der einzelnen Stränge gemessen wurden, oder aber nur derjenigen Wurzelquerschnitte, welche auf der Höhe des gemessenen Ortes ausgetreten waren. Die Möglichkeit zur Ausführung dieser Vergleichen gewährt uns das inhaltsreiche Werk von *B. Stilling* über den Bau des Rückenmarkes. Im zweiten Bande desselben sind planimetrische Messungen am Menschen, sowohl der Querschnitte aller Nervenwurzeln, als auch diejenigen der Querschnitte aller Stränge in den Höhen vor dem Austritte einer jeden Wurzel enthalten. Aus diesen Zahlen lässt sich sehr übersichtlich eine Vergleichung gewinnen, wenn man die Reihen aller zu einander gehörenden Flächenwerthe als Ordinaten über die fortlaufende Länge des Rückenmarkes aufträgt. Auf diese Weise bildete ich mir zunächst zwei Curven aus den Wurzelflächen. Die erste, welche in Figur 6 dargestellt ist, wurde dadurch gewonnen, dass die Abscisse in so viele gleiche Abtheilungen (von je 3 Mm.), als Wurzelpaare aus dem Rückenmarke entspringen, getheilt ward. Auf jeder einzelnen dieser Abtheilungen wurde durch eine Ordi-

der veränderlichen Nervenflächen. Auch sie besitzt zwei Berge und ein dazwischen liegendes Thal und dieses genau an denselben Stellen, an welchen sie auch in Figur 6 vorkamen. Die

Fig. 8.



Uebereinstimmung erstreckt sich sogar soweit, dass ihr Thal, welches dem Dorsalmarke entspricht, fast so tief wie am untern Ende des Lendenmarkes herabgeht. Eine Abweichung findet sich erst ein, wo das Hals- in das verlängerte Mark übergeht; hier weicht aber schon nach andern Richtungen hin der Bau des Markes von tiefer gelegenen Stücken ab.

Durchaus anders verhält sich Fig. 9, welche die mit den Wurzelaustritten veränderlichen Flächen der Seitenstränge verzeichnet; in ihr wachsen die Ordinaten in dem Maasse, in welchem die Summe der Wurzelflächen von unten nach oben zunimmt, und zwar so regelmässig, dass man auf den ersten Blick

Fig. 9.

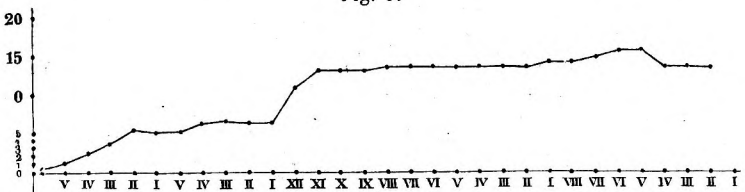


Fig. 9 als eine Wiederholung von Fig. 7 ansehen könnte. Erst bei genauerer Betrachtung ergeben sich Unterschiede. Diese bestehen zunächst darin, dass beide Curven gegen einander verschoben sind, indem das Ansteigen der Querschnittsflächen des Seitenstranges später als dasjenige der Wurzelsummen beginnt. Namentlich tritt dieses auffallend bei der starken Steigung hervor, die sich in beiden Curven in Folge des Zuwachses der Lendennerven ereignet, denn während, wie selbstverständlich, die Wurzelfläche mit dem Hinzutritt der un-

teren Lendennerven rasch anschwillt, macht sich der Einfluss derselben auf den Seitenstrang erst in der Region der obern Lenden- und untern Brustnerven geltend, gerade so, als ob die Fortsetzungen der untern Lendennerven, welche in die Seitenstränge übergehen, erst auf eine längere Wegstrecke in der grauen Masse verblieben wären. In der That erstreckt sich auch, wie Fig. 8 zeigt, die Lendenanschwellung der grauen Masse bis in die Region des letzten Brustnerven hinein. — Eine zweite Abweichung der beiden übereinander gelegten Curven prägt sich am oberen Ende des Halsmarkes aus; hier sinkt die Ordinate des Seitenstranges ab, während die der Wurzelflächen noch zunimmt. Wenn man erwägt, dass unmittelbar vor dem verlängerten Marke die Seitenstränge ihre kurz nachher weiter durchgeführte Zersplitterung beginnen, so wird man in diesem Mangel an Uebereinstimmung keinen Widerspruch dagegen finden: dass die Seitenstränge von unten nach oben gerade so wachsen, als ob sie in ihrer Masse eine gewisse Anzahl von Fasern aus jedem neu hinzukommenden Nerven sammelten und dem Gehirn zuführten. — Wie gross der Antheil sei, den die Seitenstränge aus den Nervenwurzeln aufnehmen, wird erst zu entscheiden sein, wenn wir die Zahl und den Zuwachs an Fasern kennen, den der Querschnitt des Seitenstranges durch den Hinzutritt jeder Wurzel empfängt. — Als eine weitere Bestätigung der hier gewonnenen Anschauung sehe ich eine Bemerkung von *Henle*¹⁾ an, in welcher er mittheilt, dass es ihm nur in den Seitensträngen gelungen sei, Fasern aufzufinden, welche aus der grauen Masse hervorgehend nach aufwärts umbiegen.

In der Mitte zwischen der grauen Masse und den Seitensträngen stehen die hinteren und vorderen; denn die Aenderung ihres Querschnittes weist auf eine Zusammensetzung aus zwei Theilen hin, einem, der mit der wachsenden Zahl der eintretenden Wurzeln von unten nach oben zunimmt, und einem andern, dessen Umfang von der Zahl der Nervenfasern bedingt ist, die in den auf gleicher Höhe entspringenden Wurzeln enthalten sind. Nach den früher gegebenen Regeln sind in Fig. 40 die Vorderstränge, in Fig. 44 dagegen die Hinterstränge dargestellt;

1) Handbuch der systematischen Anatomie. III. Bd. p. 70.

aus den Curven ist ersichtlich, dass der mit der Länge des Rückenmarkes von unten nach oben zunehmende Antheil dieser Stränge in den hinteren grösser als in den vorderen ist.

Fig. 40.

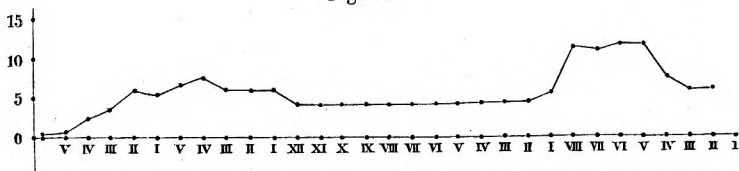
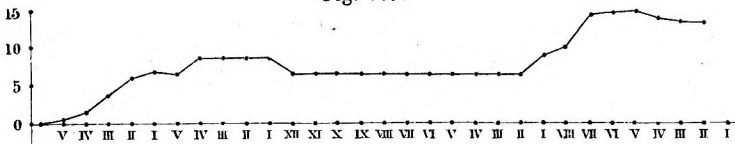


Fig. 41.



6. Der Grad, bis zu welchem der Faserverlauf innerhalb des Rückenmarkes der Kaninchen und des Menschen mit einander übereinstimmen, müsste sich selbstverständlich auch durch die Erfahrungen der Pathologen finden lassen, indem man zu Rathe zöge entweder den Ausfall von gewissen Functionen in Folge localer Verletzung, oder durch die Richtung, in welcher die Atrophie der Fasern fortschreitet, wenn diese durch das Wegfallen ihrer normalen Erregung in dauernde Ruhe versinken. Versucht man unter Benutzung der klinischen und pathologisch-anatomischen Schriften sich einen Aufschluss zu verschaffen, so sieht man sich alsbald in ein schwieriges und umfangreiches Unternehmen verwickelt, vorzugsweise deshalb, weil seine Durchführung eine sorgfältige Kritik aller bekannt gewordenen Beobachtungen verlangt. Denn unzweifelhaft können bei dem ungleichen Grade von Sorgfalt, der auf die Erhebung und die Darstellung des Thatbestandes verwendet ist, nicht alle Fälle gleichberechtigt benutzt werden. Eine erste Vorarbeit würde also darin zu bestehen haben, Kennzeichen aufzustellen, nach welchen eine Auswahl unter dem vorliegenden Material zu treffen wäre. Da es mir hierzu an Zeit und vor Allem an Beruf fehlt, so dürfte es sich empfehlen, eine solche Arbeit Anderen zu überlassen, welche den pathologischen Studien schon näher getreten sind. Eine kritische Durchmusterung der bekannt gewordenen Fälle wird unzweifelhaft werthvolle Ergebnisse zu Tage

fördern; hierfür spricht schon die Ausbeute, die uns eine cursorische Betrachtung der Literatur gewährt. Keinen Falls ist durch die bisher bekannten Beobachtungen die Annahme beseitigt, dass zwischen dem Faserverlauf im Menschen- und Kaninchenmark in vielen Punkten vollkommene Uebereinstimmung bestehe. Ausser dem schon oben erwähnten von *W. Müller* beschriebenen Falle treten für den Verlauf sensibler und motorischer Bahnen innerhalb der Seitenstränge die secundären Degenerationen ein, welche von *Türk*¹⁾ beobachtet wurden, wenn entweder apoplektische Herde in den Grosshirnganglien oder Zerstörungen ganzer Rückenmarksabschnitte längere Zeit hindurch bestanden hatten. Dafür, dass in den Seitensträngen Bahnen beherbergt werden, welche die Coordination der Bewegungen besorgen, finden sich, wie mir scheint, Beweise in den von *Westphal*²⁾ beschriebenen Fällen mit körniger Degeneration der genannten Stränge. Andererseits erscheint es auch sehr beachtenswerth, dass bedeutende Zerstörungen innerhalb beschränkter Abschnitte der grauen Masse beschrieben werden, ohne dass gleichzeitig allgemeine Störungen in der Empfindung und Bewegung angemerkt sind.

1) Wiener akademische Sitzungsberichte. VI. Bd. p. 288 und XI. Bd. p. 93.

2) *Virchow's Archiv*. 39. Bd. p. 461.
