

## Ueber die Erregbarkeit des Rückenmarks.

Von

**M. Schiff.**

---

### Zweiter Artikel.

---

#### Vorderseitenstränge und graue Substanz.

Die anatomischen Spekulationen Karl Bell's hatten dem Letzteren schon die Ansicht nahe gelegt, dass die vordere Hälfte des Rückenmarks motorisch und die hintere Hälfte sensibel sei. Obschon eine genauere Prüfung dieses Theorems Bell veranlasst hatte, dasselbe zu verwerfen, sehen wir es doch vielfach von Neuem auftauchen, nachdem die Versuche Magendie's endlich physiologisch gültige Beweise für die verschiedene Funktion der Spinalwurzeln, für den fälschlich so genannten „Bell'schen Lehrsatz“, beigebracht hatten. Magendie, Foderá, Calmeil, Seubert, Schöps, Baker hatten die hier sich aufdrängende Frage zwar gänzlich unentschieden lassen müssen. Foderá, und in einzelnen Fällen auch andere der genannten Forscher, hatten sogar Resultate erhalten, die mit der Anwendung des Bell'schen Theorems auf das Rückenmark in direktem Widerspruch standen, aber es waren im zweiten und am Anfang des dritten Jahrzehnts unseres Jahrhunderts besonders die Pathologen, welche durch ihre Autopsien Rückenmarkskranker und die Hervorhebung einzelner ihrer Ansicht günstiger Fälle, immer von Neuem wieder auf die schon von Bell verworfene Lehre hindrängten. Freilich fehlte es nicht in der klinischen Casuistik an wirklichen und noch häufiger an vermeintlichen Widersprüchen gegen dieselbe. Wäre damals die Majorität der forschenden Aerzte durchdrungen gewesen von dem zuerst von Herbert Mayo (Anatomical und physiologi-

cal Commentaries London 1822. pag. 118) angedeuteten, dann von Bartolomeo Panizza (*Ricerche sperimentali sopra i nervi. Lettera a Maurizio Bufalini Firenze 1834*) klar und ausführlich nach Versuchen an Ziegen demonstrieren, Einfluss der Empfindung auf die Form der willkürlichen Bewegungen, dessen Kenntniss — die fälschlich Duchenne zugeschrieben wird —, jetzt einen grossen Theil unserer Nervenpathologie beherrscht, so hätte man sich wahrscheinlich vorsehnlich zu einer Lehre bekannt, die obschon — oder vielmehr weil — sie theilweise richtig ist, einer vollständigeren Kenntniss auf diesem Gebiete feindlich entgegengetreten wäre.

Eine genauere Kenntniss der Reflexfunktion, die besonders durch die Arbeiten von M. Hall im Laufe des dritten Jahrzehnts verbreitet wurde, liess in ihnen den Grund erkennen, weshalb die bisherigen physiologischen Reizversuche an lebenden Thieren in Bezug auf die Stränge des Rückenmarks fast ganz ohne Erfolg geblieben waren. Bewegung musste entstehen, wo man auch das Rückenmark reizte, weil die reflektirenden Hinterstränge nicht ganz gegen die Einwirkung des Reizes, mochte er auch von vorn her eingreifen, geschützt waren. Man suchte nach Mitteln diesen Fehler zu vermeiden, aber man verfiel in einen viel schlimmeren und groberen. Hauptsächlich waren es zweierlei Methoden, die hier in Anwendung kamen, sie sind durch die Namen zweier Forscher repräsentirt: Longet und van Deen. Für beide galt die Reizbarkeit des Rückenmarks damals noch als unantastbares Axiom, beide waren a priori von der Richtigkeit oder vielmehr der hohen Wahrscheinlichkeit des Bell'schen Theorems überzeugt.

Longet's Versuche sind vom Jahre 1840 und er hat sie in seinem Buche über das Nervensystem (Tome I pag. 273) recapitulirt. Ich werde mit gleichzeitiger Benutzung seiner Spezialarbeit nur das letztere verbreitetere Werk citiren, da hier doch einmal Citate unerlässlich sind. Longet hatte durch mechanische Reizung am lebenden Hunde nachgewiesen, dass ein von der Dura mater und den nächsten eintretenden Wurzeln an der Reizstelle befreites Rückenmark nur innerhalb der hintern Stränge schmerzempfindliche erregbare Elemente besitzt, und wollte ebenso am lebenden Thiere die bewegungsleitenden Elemente erforschen. Er theilte eine entblösste und von den obersten Lendenwurzeln befreite

Strecke des Marks durch vollständigen Querschnitt in eine Kopf- und eine Schwanzabtheilung. An letzterer galt es vergleichend die verschiedenen Stränge zu reizen. Longet versuchte dies durch Pole einer Batterie (ohne Nebenschliessung), die heute für gewöhnliche Reizversuche an nicht isolirten Theilen als wohl zu stark gelten würde. (Er nahm 6 bis 10 quadratische Elemente Kupfer-Zink von 5 cm Höhe in Säure.) Er musste im Allgemeinen „peu d'instants“ warten, bis die hindernden Reflexe am Mark aufgehört hatten. Man sieht also, er hat an sterbenden Thieren operirt und beim Versuche war das Mark schon todt, obschon er dies nicht besonders hervorhebt (l. c. pag. 272). Wo er die Versuche specieller beschreibt, sagt er, dass er „quelques minutes“ nach der Markdurchschneidung warten musste (pag. 273). Aber auch dann konnte er, wenn der Strom allzu stark war, noch kurze Zeit einzelne Contraktionen der Muskeln auch bei Reizung der Hinterstränge beobachten, die jedoch bald verschwanden. Reizte er jetzt die Vorder- und Seitenstränge des Marks, so entstanden noch deutliche oder starke Muskelbewegungen in den Hinterfüßen.

Man sieht also, Longet hat um Reflexe zu vermeiden an todtten Thieren operirt, wie es, ungefähr um dieselbe Zeit, Kürschner zu thun vorschlug. Seine Reizungen sind an einer Markstrecke angebracht, in welcher, oder an deren nächster Nähe, noch bewegendende Wurzeln für die Hinterfüße in den Vordersträngen und den Seitensträngen schräg nach oben verlaufen, ohne schon in die graue Substanz eingetreten zu sein. Er hat also nothwendig durch seine starken Ströme die Wurzeln mitgereizt.

Anders verfuhr van Deen. Er arbeitete am lebenden oder am überlebenden (enthaupteten) Frosch und um die Reflexbewegungen zu vermeiden sucht er die hintere Hälfte des Rückenmarks, die er als die einzig empfindliche betrachtet, ganz von der Reizung auszuschliessen. Seine Versuche sind vielfach variirt und sind im Allgemeinen nach folgendem Schema eingerichtet. (Tydschrift for natuurlyke geschiedenis en physiologie 1838. — Traites et decouvertes sur la physiol. de la moelle. Leide 1841. Premier traité. Auch übersetzt mit vollständigem Text in Stilling, Funktionen des Rückenmarks und der Nerven. Leipzig 1842.) Das Rückenmark des Frosches wird etwa vom dritten bis zum fünften Wirbel entblösst, die Nervenwurzeln, ausser denen der Hinterfüße, abgeschnitten, hiernach wird ein dünnes Schutzmesserchen in der

Mitte der Dicke des Rückenmarks so eingeschoben, dass es Vorder- und Hinterstränge von einander scheidet und alles was sich über dem Messerchen befindet, also wesentlich die Hinterhälfte, mit Schonung der vorderen Theile gegen Druck, durchschnitten. Man schiebt dann das Schutzmesserchen vor- oder rückwärts und durchschneidet, noch einmal die hintern Theile. Die abgelöste hintere Hälfte wird dann weggenommen und der frei vorliegende Vorderstrang von hinten mechanisch, etwa durch Einbohren und sanftes Bewegen einer Nadel, gereizt. Es entstehen Bewegungen in den Hinterfüßen, ohne dass die Reizung auf empfindende Theile eingewirkt und Reflexbewegungen erzeugt haben konnte.

Es ist überflüssig von den verschiedenen Modificationen dieser Versuche zu sprechen. Alle diese Versuche von Van Deen sind sehr leicht mit dem von ihm angegebenen Erfolge zu wiederholen. Wenn aber der Verfasser aus ihnen folgert, dass die Vorderstränge nicht nur Bewegung leiten, sondern auch reizbar seien, so wird man nicht umhin können, diese Folgerung als voreilig zu beklagen. Die so sehr erregbaren und für jeden Zug so empfindlichen vorderen Wurzeln konnten in diesen Versuchen entweder direkt im Mark oder durch leichte Zerrung gereizt werden und so konnte Bewegung entstehen, auch wenn das Mark gänzlich unerregbar war. Der Frosch ist für solche Versuche gar nicht geeignet, da die disponible Stelle des Marks zu nahe den Wurzeln für die Hinterfüße liegt.

Stilling, der weit entfernt ist, den bewegungsleitenden Elementen die Reizbarkeit abzusprechen, hat in seiner Arbeit von 1842 schon die Möglichkeit des eben erwähnten Einwurfs gegen diese von ihm selbst bestätigten Versuche von Van Deen hervorgehoben, und bemerkt, dass sie uns immer im Zweifel lassen, ob Vorderstränge oder vordere Wurzeln gereizt werden, und derselbe Einwurf trifft manche Versuche von Kürschner (M. Hall's Abhandlungen. Marburg 1840. pag. 196. — Müller's Archiv 1841. pag. 115), der trotz seines erschlichenen Rufes der Originalität im Wesentlichen nur Van Deen's Versuche mit geringen Modifikationen nachgeahmt hat.

Schon ehe die Arbeit von Stilling erschienen war, sind Van Deen's Scharfblick die Mängel seiner früheren Versuche nicht entgangen (Tydschrift for natuurlyke geschiedenis en physiologie

1842. No. 1. — Heye's Archief for Geneeskunde II. pag. 314 1)). Er begriff, dass er nicht die Reizbarkeit der Vorderstränge bewiesen hatte, dass diese seine frühere Lieblingsidee gar nicht zu beweisen war. Indem er neue, wie es ihm schien, entscheidende Versuche anstellte, kam er zu dem Resultate, dass weder die Vorderstränge noch die andern Stränge des Marks erregbar seien. Auf diese Frage kommen wir zurück.

Und Stilling, der Nebenbuhler Van Deen's auf dem Gebiete der Rückenmarksphysiologie, der den Widerspruch nichts weniger als scheute, sieht sich genöthigt mit dem letzteren endlich darin übereinzustimmen, dass eine Erregbarkeit der vorderen Stränge beim Frosch nicht erweisbar sei, dass sie nicht existire. Aber dem Gedanken fremd, dass bewegungsleitende Substanz auch gänzlich unerregbar sein könne, verlegt er Bewegungsleitung und Erregbarkeit in die vordere graue Substanz. Die Thatsachen, welche ihn veranlassen konnten, die Leitung dieser Substanz zu vindizieren, sind nicht schwer auf ihren wahren Werth zurückzuführen. Dass diese Substanz erregbar sei, dafür bringt er gar keine Thatsachen vor, die Gegenstand der Kritik werden könnten. Er neigt sich zu dieser (vergl. die Versuche an jungen Katzen in Roser u. Wunderlichs Arch. I. pag. 90) Ansicht offenbar bloß aus theoretischen Gründen. Die Beobachtungen, welche später Cyon und Aladoff veranlassen konnten, sich dieser von Andern nicht getheilten Ansicht anzuschließen (1869), dürften im späteren Inhalt vorliegenden Aufsatzes ihre genügende Erledigung finden.

Unbekannt mit den neueren Ergebnissen Van Deen's, die trotz einer in den bändereichen Notizen Froriep's vergrabenen Uebersetzung nicht ausserhalb der Niederlande in das physiologische Publikum gedrungen waren, habe ich von 1849 bis 1858 eine Reihe von Versuchen über die Reizbarkeit des Markes angestellt, die bloß darum so lange und so oft wiederholt wurden, weil das merkwürdigste und stets von Neuem sich aufdrängende Resultat derselben, die Gefühllosigkeit der Schmerzempfindung leitenden und die Unerregbarkeit der Bewegung leitenden Bahnen, mir

1) Dieser zweite citirte Aufsatz ist vom Juni 1842 datirt, als Van Deen das Werk von Stilling eben erhalten hatte. Der erste ist noch von 1841. Zwischen beide fällt ein anderer hierhergehöriger Aufsatz vom April (1842): Over eenige byzondere Eigenschappen van het Ruggemerk. Alle diese 3 Citate fehlen in meiner Nervenphysiologie.

als eine ganz neue, trotz ihrer Wahrheit unwahrscheinliche und beispiellose Behauptung erschien, mit der ich nicht ohne die breiteste thatsächliche Grundlage vor die Oeffentlichkeit zu treten wagte. Da wir wissen, dass Thiere, denen vorsichtig und mit Schonung aller andern Theile des Markes ein Stück der Hinterstränge entfernt worden, noch alle willkürlichen Bewegungen auszuführen fähig sind, da ferner alle Theile des Hinterkörpers für jede Art der Reizung sehr empfindlich bleiben, die nicht das Tastgefühl allein in Anspruch nimmt, da die Empfindung für Druck und Schmerz bei solchen Thieren sogar oft noch hyperästhetisch gesteigert erscheint, so müssen wir schliessen, dass Bewegung und Empfindung durch diesen, der Hinterstränge beraubten Theil des Rückenmarks zum Kopf geleitet werden. Die Frage stellt sich also zunächst einfach so, dass wir zu erforschen haben, ob in diesem der Hinterstränge entblösten, Bewegung und Empfindung leitendem Theile des Markes, wenn wir die von ihm direkt ausgehenden vorderen Nervenwurzeln durchschnitten haben, noch Elemente vorhanden sind, deren Reizung entweder Empfindung oder Bewegung veranlasst.

Um die von früheren Forschern beim Frosch begangenen Missgriffe zu vermeiden, hatten wir die entblöste Stelle des Marks mehrere (wenigstens 5 bis 6) Centimeter lang zu nehmen und die Reizung so einwirken zu lassen, dass sie sich nicht direkt mittheilen konnte a) den hinter und vor der Reizstelle noch entspringenden Nervenwurzeln, b) den diesseits und jenseits der Wunde noch vorhandenen Hintersträngen. Elektrische Reize durften also nur mit der grössten Vorsicht und weit entfernt von den beiden noch übrigen Hinterstrangresten, also so viel als möglich in der Mitte der entblösten Stelle angewendet werden. Induktionsströme waren zu vermeiden und Kettenströme, durch einen Manipulator unterbrochen, durften nur allmählich verstärkt werden<sup>1)</sup>. Wenn bei der Verstärkung endlich Anzeichen sensibler oder motorischer Erregung erschienen, ging man wieder etwas zurück, und wenn man mit der Boussole im Kreise dann dieselbe Stromstärke, die am Marke noch wirkungslos war, entweder auf eine motorische Nervenwurzel oder auf das noch unverletzte Markstück wirken liess,

---

1) Die von Chauveau sogen. „unipolare“ Reizmethode liefert hier sehr schätzbare und ganz unzweideutige Ergebnisse.

so zeigte sich die reizende Wirkung schon in so hohem Grade, dass der Strom als ein übermässiger gelten konnte.

Unverfänglicher waren chemische Reize, in der Weise angewendet, dass sie nicht oder nur äusserst langsam bis an die noch empfindenden Marktheile diffundiren konnten, und besonders mechanische, die ohne Zerrung und Verschiebung angewendet schon allein unserem Zwecke zu genügen schienen.

Um mechanische Reizung ohne Zerrung anzuwenden, musste die Richtung derselben möglichst senkrecht zur Längsachse des Markes gehalten werden und auch hier durfte man sich nicht zu sehr den Resten der Hinterstränge nähern. Wenn man bedenkt, wie sicher und energisch die Reaktion erfolgt, wenn man einen motorischen oder sensiblen Nerven nur leicht mit der Nadel stichelt oder kitzelt, wie schwer Thiere, selbst mit Morphinum eingeschläfert, festzuhalten sind, wenn man den Hinterstrang des Rückenmarks in der angegebenen Weise behandelt, so wird man nicht zweifeln, dass ein frei auf dem Tische sitzendes, nach der operativen Vorbereitung seit kürzerer oder längerer Zeit aus dem Aetherrausche völlig erwachtes Säugethier, dem man Nadeln durch die graue Substanz, durch die Vorder- oder Seitenstränge an jeder Stelle des queren Markdurchmessers, bis auf die Hinterfläche des Wirbelkörpers einführen kann, ohne dass es irgend zuckt oder Empfindung verräth, dem man die Nadeln an der Marksubstanz der Breite nach hin- und herführen kann, um Stücke der weissen und grauen Substanz ohne Reizungserscheinungen zu zerreißen, dem man, ohne eine Muskelbewegung im Vorder- oder Hinterkörper zu erzeugen, mit einer Pinzette das Mark quer zerquetschen kann, man wird, wiederhole ich, nicht zweifeln, dass bei einem solchen Thiere die Empfindungsqualitäten, die durch das der Hinterstränge beraubte Mark geleitet werden, nicht durch mechanische Reizung des Markes erregt werden können, und dass auch die motorische Erregbarkeit diesem Marke fehlt, obgleich es Bewegung vollkommen gut leitet.

Hat man aber eine Nadel schief von hinten nach vorn eingebohrt, und verschiebt dann den Kopf derselben nach vorn, so kann Schmerz entstehen, weil die nach hinten rückende Spitze die Dura mater zerrt und die Zerrung sich dem vorderen Marktheile, den Nervenwurzeln und mittelbar dem Hinterstrang mittheilen kann. Noch leichter ist dies der Fall, wenn die Nadel

schief in umgekehrter Richtung eingeführt und durch zufällige Berührung dann gerade gerichtet wird. Zerrung der weiter unten entspringenden vordern Wurzeln erzeugt dann Zuckungen in den Schenkelmuskeln.

Wir schliessen also mit Van Deen, dass es im Mark überhaupt keine motorischen Elemente gibt, und gegen Van Deen, dass die Hinterstränge die einzigen sensiblen Theile des Markes seien. Die übrigen Theile sind nicht sensibel aber grösstentheils ästhesodisch d. h. empfindungsleitend. Aber wir dürfen nicht mehr allen unempfindlichen Theilen des Marks die Erregbarkeit geradezu absprechen, seitdem, wie wir noch sehen werden, Dittmar erwiesen hat, dass wenigstens eine kleine Marksäule in den beiden Seitentheilen des Marks gelegen nach Reizung Reflexe erregen kann, die im verlängerten Mark ausgelöst werden.

Diesen Resultaten gegenüber blieb natürlich die Opposition von Vulpian (*Lecons sur la physiol. du syst. nerv. Paris 1866*) und die spätere von Aladoff und Cyon ganz ohne Gewicht, welche behauptet, dass zwar leise mechanische Reizung die Vorder- und Seitenstränge sowie die graue Substanz nicht errege, dass aber gröbere mechanische Eingriffe Zuckungen im Hinterkörper bewirken. Vulpian zerrt das Rückenmark nach Abtragung der Hinterstränge, indem er es mit einer Zange in die Höhe hebt. (Wie es scheint, sogar mit der *Dura mater*.)

Viel beachtenswerther ist, was Fick und Engelken (1867) sowohl Van Deen's als meinen Versuchen entgegengesetzte (*Müller's Arch. 1867. pag. 198*). Nach einer bemerkenswerthen Einleitung, in welcher Fick die auf physikalische und mikroskopische Nichtunterscheidbarkeit gestützte, von der deutschen Schule fast allgemein angenommene, Hypothese der physiologischen Identität aller markhaltigen Nervenfasern, gegenüber der rein empirischen Schule in Schutz nimmt, behaupten die Verfasser, dass die Vorderstränge des Rückenmarks reizbar seien, dass man aber zu ihrer Reizung viel zu schwache Ströme angewendet habe. So schwache elektrische Reize, wie sie für peripherische Nerven schon sehr wirksam sein könnten, sollen auf Markfasern nicht wirken, da die Erregung der letzteren Ganglienzellen passiren müsse und sich mehr vertheile. Das gelte auch für die mechanische Reizung. Hier treffen wir schon auf eine unbewiesene Behauptung und auf einen Irrthum. Unbewiesen ist, dass alle Bewegung leitenden Fasern der Vorder-



und Seitenstränge vor ihrem Eintritt in die vorderen Wurzeln mit Ganglienzellen in Verbindung stehen. Aber dies könnte doch wohl der Fall sein, weshalb wir diesen Punkt nicht weiter erörtern. Ein offener Irrthum ist aber die Ansicht, dass die Verbindung mit Ganglienzellen dem Durchgang eines Reizes einen grösseren Widerstand entgegenseze, d. h. stärkere Reize zur Erzielung der gleichen Wirkung erforderlich mache. Die Erregung der Hinterstränge muss, damit sie, nach dem Gehirn geleitet, Schmerzempfindung und cerebrale Reflexe erzeuge, offenbar bei weitem mehr Ganglienzellen durchsetzen und wird stärker vertheilt, als die Reizung der hypothetisch angenommenen motorischen Fasern der Vorderstränge, wenn sie, im Brustmark angesprochen, Bewegung in den Hinterfüssen erzeugen soll. Und doch wirkt eine leichte mechanische Reizung der schmerzleitenden Fasern der Hinterstränge im Lendenmark so unendlich viel energischer, nicht nur als die Reizung der Vorderstränge im Brustmark, die nur relativ wenige Ganglienzellen zu durchsetzen hätte, sondern auch viel stärker als eine ebenso starke Reizung der vorderen Wurzeln im obern Lendenmark, die bis zum Muskel gar keine Ganglien durchwandert. So viel wir bis jetzt wissen, wird durch die Einschaltung von Ganglien die (sensible) Leitung zwar verlangsamt, aber nicht geschwächt.

Ich habe hier sensible Bahnen mit den hypothetischen motorischen verglichen. So lange es sich um die Leitung bis zum Centrum handelt, wüsste ich nicht, warum ein solcher Vergleich nicht zulässig sein sollte, besonders in der Diskussion mit Gegnern, die stets die Einheit beider Arten von Nervenfasern betonen, wenn die „Endorgane“ nicht in Frage kommen. Sollte aber ein solcher Vergleich verworfen werden, so möchte ich die schmerzempfindenden Fasern im Hinterstrang in Betreff ihrer Erregbarkeit mit denselben Fasern vergleichen, nachdem sie so eben in die graue Substanz eingetreten sind. Die Erregung hätte für diese Fasern an der einen wie an der andern Stelle dieselbe Zahl von Ganglienkugeln zu durchsetzen. Von den Hintersträngen aus ist die Bahn sogar etwas länger, von der grauen Substanz aus würde die Erregung noch dadurch begünstigt, dass die Ganglienkugeln direkt mit gereizt werden. Und doch welcher Unterschied zu Gunsten der Erregbarkeit in der weissen Substanz. Für mich ist der Unterschied unendlich. Würde Fick ihn aber auch

analog dem, was er für die Bewegungsnerven thut, nur als sehr gross bezeichnen, so ist jedenfalls damit zuzugeben, dass dergleichen Unterschiede bestehen können, ohne dass sie auf Rechnung der Ganglienkugeln zu schieben sind. D. h. es ist zuzugeben, dass die Nervenfasern selbst, obwohl sie nach Stilling, Henle und Remark beim Eintritt in die graue Substanz ihren histologischen Charakter beibehalten, dennoch ihre physiologischen Eigenschaften wesentlich modifiziren können. Gerade aber um dies zu leugnen wurde für die Nerven der Vorderstränge die unwahrscheinliche, weil aller Analogie ermangelnde, Hypothese von der Resistenz der Ganglienkugeln erfunden <sup>1)</sup>.

Um diese Hypothese zu erweisen wurden nun bei Fröschen und einigen Kaninchen bedenkliche Experimente mit starken Induktionsströmen angestellt, die auf die oberen Theile des Rückenmarks wirkend geordnete Bewegungen in den untern Theilen des Körpers (den Unterextremitäten) hervorriefen und die ich im Originalaufsatze nachzulesen bitte. Wo die Ströme auf den Querschnitt des Marks geleitet wurden, hatten sie grösseren Erfolg, wenn sie an die Vorder- als wenn sie die Hinterstränge angelegt wurden. In andern Fällen wurde am zu reizenden Markende ein kleines Stück der Hinterstränge von 6 bis 10 mm abgetragen. Durchschneiden des Marks hinter der Reizstelle und mechanisches Aneinanderlegen der Schnittenden hob den Erfolg vorläufig auf und derselbe trat nur bei viel stärkeren Strömen (durch Stromschleifen) wieder auf. Genug der Erfolg liess für den Verfasser nichts zu wünschen übrig.

Bei dieser Arbeit von Fick, die zu vielen Diskussionen Veranlassung geben, ist die Hauptsache die theoretische Auffassung, die wir bereits besprochen und auf die wir noch zurückkommen werden. Die eigentlichen Versuche hätten sich die Verfasser zum grossen Theile ersparen können, da sie nur Thatsachen lieferten, die schon damals von Niemanden ernstlich in Zweifel gezogen worden, die man als bekannt ansehen konnte, und die auch seitdem, trotz Ficks gegentheiligter Ansicht, von Niemanden geläugnet worden.

Zuerst trat Wislockiy in der Warschauer mediz. Zeitung

---

1) Weiteres gegen diese Hypothese an Bewegung leitenden Elementen siehe unten bei Besprechung der Türck'schen Pyramidenstränge.

gegen Engelken und Fick in die Schranken. Mit der eigentlichen Wiederholung der Fick'schen Versuche war er nicht glücklich. Er scheint, um die Sache zu gut zu machen, viel zu starke Ströme angewendet zu haben und sah so keine „geordneten“ Bewegungen der hinteren Extremitäten, sondern Tetanus derselben entstehen, den er mit Recht auf Stromschleifen zurückführt, die sich bis zu den Wurzeln der Lumbarnerven erstreckten. Diese Arbeit wäre somit ad acta zu legen.

Sehr bedeutungsvoll ist hingegen eine 1868 (dies. Archiv I pag. 166) erschienene Untersuchung von S. Mayer, die derselbe noch im Laboratorium von Helmholtz angestellt hat. Wir haben über dieselbe nicht ausführlich zu referiren, da wir sie, wie die andern in dieser Zeitschrift enthaltenen Arbeiten, als allgemein zugänglich erachten. Eine der interessantesten Angaben von Engelken, dass beim Faradisiren der Vorderstränge des Marks die Bewegungen leichter und öfter eintreten als bei Reizung der Hinterstränge, hat er manchmal, aber was wichtig ist — in sehr vielen Fällen bei Fröschen nicht bestätigt. In dieser Beziehung stimmen meine Versuche mit denen Mayers überein. Fick hat hier nur manchmal, bei manchen Thieren sehr häufig Recht, aber durchaus nicht immer. Nehme ich aber nur diejenigen Fälle zusammen, bei denen man wie Fick „geordnete“ Bewegungen erzeugt und nicht blose Zuckungen, so spricht entschieden die Majorität gegen Fick. Das nur beiläufig, denn für die Beurtheilung fällt es eigentlich gar nicht ins Gewicht. Sehr interessant sind Versuche von Mayer, in denen er die Hinterstränge oder die sensibeln Wurzeln elektrotonisirte und dann beobachtete, dass die faradische Reizung der Vorderstränge modifizierte Resultate gab.

Mayer schliesst mit vollem Rechte, dass die von ihm gesehenen Bewegungen nichts sind als Reflexe, die von den vom Reiz mitbetroffenen Hintersträngen ausgehen und dass sie den Satz nicht erschüttern, dass die Vorderstränge durch nicht organische Reize nicht erregbar seien. Es ist aber nicht klar abzusehen

- a) ob er mit mir die Hinterstränge selbst als erregbar und reflexerregend ansieht, oder mit Van Deen nur die anhängenden Nervenwurzeln.

- b) Mit welchem Rechte er seine Beobachtungen mit denen von Fick identificirt. Nach Wegschneiden eines grösseren Stückes der Hinterstränge sah Mayer durch Reizung der freiliegenden

Vorderstränge keine Bewegung erfolgen, Fick sah sie noch. Es ist also hier ein Unterschied, der nicht erklärt wird, obschon es nicht schwer gewesen wäre, auch auf diesen Fall die Mayer'sche Erklärung anzuwenden, wenn man ausserdem noch Stromschleifen nach hinten zu Hülfe nimmt. Ob dies erlaubt ist, werden wir bald untersuchen.

Also Mayer hat im besten Falle bewiesen, dass die fraglichen Bewegungen durch Reflexe von empfindenden Theilen aus erklärt werden können. Ob sie so erklärt werden dürfen, hängt von unserer theoretischen Einsicht ab. Ob sie so erklärt werden müssen, von den folgenden Untersuchungen.

Das folgende Jahr 1869 bringt uns 2 Aufsätze über die Erregbarkeit der Vorderstränge. Beide in diesem Archiv. Die Arbeit von Budge gehört einer später zu besprechenden Erscheinungssreihe an. Ein zweiter Aufsatz von Fick ist dadurch veranlasst, dass er eine Stelle in Mayer's Abhandlung missdeutet hat. Er wiederholt einen seiner Versuche mit leichter Modifikation, indem er eine „grosse“ Strecke des Vorderstrangs beim Frosch frei legt und am Ende desselben Induktionsreize wirken lässt. Mayer's Resultaten entgegen, sieht er hier wieder Bewegungen. Dies ist begreiflich und auch Mayer wird gerne zugestehen, dass sie am Ende nicht fehlen können, wenn man wie Fick (l. c. pag. 415) den Strom so lange verstärkt als die Hinterfüsse noch regungslos bleiben. Fick will nun beweisen, dass sich die Erregung, und nicht der erregende Strom, längs der entblösten Strecke der Vorderstränge nach hinten fortgepflanzt habe. Dies versucht er in folgender Weise. Es wird durch die freigelegten Vorderstränge, hinten nahe der Stelle, die sie mit dem noch unverletzten Mark verbindet, ein Querschnitt gemacht, der das freigelegte Mark vom übrigen Mark vollständig abtrennt, so dass es mit ihm noch in „Berührung“ bleibt. Wird jetzt abermals an der früheren Stelle gereizt und es entstehen noch Bewegungen, so sind sie, dies ist klar, Stromschleifen (oder auch unipolaren Reizungen) zuzuschreiben. Wenn aber, wie in vorliegenden Versuchen von Fick, die Bewegungen fehlen, dann glaubt Fick mit vielen Anderen, dass vor dem Anlegen des Querschnitts keine Stromschleifen vorhanden gewesen, und dies ist ein Irrthum. Denn Stromschleifen können durch eine Continuitätstrennung im Mark trotz fortdauernder Berührung in ihrer Ausdehnung beschränkt, in ihrer Richtung ver-

ändert werden. Der Satz, dass die Nebenbahnen, die ein Strom in einem körperlichen Leiter einschlägt, blos von seiner stereometrischen Form und nicht von seiner absoluten Leistungsfähigkeit abhängen, gilt streng genommen nur für ganz homogene Leiter, oder solche, in denen alle Formelemente ganz genau denselben Widerstand haben. Er gilt also nicht für das Mark, in welchem Blut, Plasma, Blutgefässe, Zwischensubstanz, Nervenfasern der Länge nach, Nervenfasern der Quere nach, Ganglienkuugeln, graue Fasernetze, Nervenhülle und Nervenmark verschiedene Widerstände bieten, schon wenn sie unverletzt sind und noch mehr wenn sie zum Theil zerquetscht sich zwischen zwei unebene Querschnitte drängen. Eine kleine Blutung in einer Markwunde muss die elektrische Resistenz des Markes schon etwas verändern, noch mehr umgebogene Nervenfaserbündel, ausgerissene Achsencylinder, die sich in veränderter Richtung zwischen die 2 Flächen schieben, von denen die eine konkav, die andere konvex wird, ohne dass Concavität und Convexität sich decken, weil die Convexität durch die auf der anderen Seite ausgerissenen, umgebogenen Nervenfasern stets einen breiteren Durchmesser annimmt, als die ihr entsprechende Concavität. Es schiebt sich dann Flüssigkeit in den so gebildeten Hohlraum, welche die Ungleichheit im Vergleich mit dem unverletzten Zustande nur noch grösser macht. Umgebogene Nervenfaserbündel in der Wunde vergrössern evident den Widerstand an der Trennungsstelle, da, wie Hermann bewiesen, Nervenbündel in der Querrichtung grössere Resistenz besitzen als in der Längsrichtung; wenn die Stromschleifen in ihrer Intensität und Ausdehnung umgekehrt abhängig sind von der relativen Resistenz in der Stromschleifenbahn, so können, wenn diese Resistenz sich nur an einem Querschnitt der Schleifenbahn ändert, die Stromschleifen hier in mannigfacher Ausdehnung und Intensität verändert werden.

Wer weiss, welche Berge und Thäler man erzeugt, wenn man versucht ein ganz frisches Rückenmark mit einem regelmässig geformten und geschärften Querschnittsmesser in dünne Scheiben zu zerlegen, wird auch ohne ein besonderes Experiment zu machen sich einbilden können, wie die Wundfläche eines Markes aussehen mag, das, ohne aus dem Wirbelkanale herausgenommen zu werden, mit einer gewöhnlichen anatomischen Säge, Messer

genannt, durchschnitten wird<sup>1)</sup>. Wer aber meine Schilderung der Wundfläche für übertrieben hält, der wage selbst den Versuch, und erhärte dann die Schnittfläche des frischen Markes nur so weit in schwachem Weingeist, dass sie sich unter dem Gewicht des Deckgläschens nicht abflache, und besche sich das Ganze bei mässig schwacher Vergrösserung. Will man den Schnitt erst färben, so wird man die herausgerissenen, stoppelhaft die eine Fläche überragenden Achsenzylinder um so besser erkennen, während die Lücken und Höhen in der schwach gerötheten grauen Substanz ihr die Physiognomie einer Mondkarte verleihen.

Die Idee, dass man einen so heterogen zusammengesetzten aus feuchten, verschieden zerreisslichen Substanzen bestehenden Cylinder wie das Rückenmark nach der Theilung durch bloßes Aneinanderschieben wieder elektrisch gleichartig machen könne, hatte ihre Berechtigung zu einer Zeit, in der die molekularen Eigenschaften und Unterschiede der thierischen Bestandtheile noch viel weniger bekannt waren als heute<sup>2)</sup>.

Man wende nicht ein, dass es sich hier nur um äusserst geringe, fast unmerkliche Differenzen handeln könne. Klein sind die Unterschiede allerdings, sehr klein, aber nicht unbedeutend. Denn in der Nähe der Reizschwelle durch Induktionsströme werden, wegen des raschen Ansteigens der letzteren, die kleinsten Ordinaten-differenzen für den Reizerfolg von hoher Bedeutung. Wenn man, wie dies Fick that, die Stromschleife an der gereizten Stelle des unverletzten Markantheils (und ich werde später wahrscheinlich machen, dass dies wirklich in der Regel der Hinterstrang ist, wie es Mayer annimmt) gerade so weit anschwellen lässt, dass Spuren schwacher Zuckungen entstehen, so braucht an irgend einem vollständigen Querschnitt der Schleifenbahn sich der elektrische Widerstand auch nur um ein Minimum in irgend einer Richtung zu ver-

---

1) Man wende mir nicht ein, dass in den meisten deutschen physiologischen „Instituten“ die Messer doch im besseren Zustande seien, weil sie nur wenig gebraucht würden, denn sie kommen schon als Sägen aus der Werkstätte.

2) Vollständig beweisend für die hier vorgetragene Ansicht, sind Versuche, in denen ich an längerer Zeit todten Markstücken mit stärkeren und schwächeren Induktionsströmen Schleifen erzeugt habe, die mittelst des neuen Edelm ann'schen Induktionsdynamometers vor und nach durch Markdurchschneidung kontrolirt wurden.

ändern, und die Stromschleifen jenseits der veränderten Stelle nehmen um einen Bruchtheil ab, der genügt, den Effekt der Reizung verschwinden zu machen.

Wir schliessen also, dass auch Ficks letzte Versuche der Interpretation volle Freiheit gestatteten.

Es wird später noch nöthig sein, auf den Schlussparagraphen des Fick'schen Aufsatzes zurückzukommen. Es geschieht dies aber besser, wo wir von der Erregbarkeit des Grosshirns sprechen.

1870 erschien als Antwort auf die Fick'sche Arbeit im dritten Bande dieses Archivs pag. 81 eine Versuchsreihe von Huizinga, die mit Van Deen gemeinschaftlich begonnen, von dem Verf. allein zu Ende geführt wurde. Derselbe behauptet, nach seinen Erfahrungen die Van Deen'sche Lehre in ihrem vollen Umfang stützen zu können, er wolle aber vorläufig nur die Unerregbarkeit der Vorderstränge beweisen. Aus einer seiner Aeusserungen pag. 87 geht aber hervor, dass er die Lehre von der Unerregbarkeit der von ihren äusseren Wurzeln getrennten Hinterstränge nicht aufrecht erhält, und es lässt sich, da ein Theil dieser Arbeit mit Van Deen gemeinsam ist, vielleicht daraus entnehmen, dass der letztere selbst in spätester Zeit seine Lehre so modificirt habe, wie ich dieselbe als Ergebniss meiner Versuche in meinem Buche von 1858 vorgetragen, so dass vielleicht in dieser Beziehung zuletzt noch eine Vereinigung erzielt worden wäre. Huizinga beweist, dass in allen Fällen, in denen er von den der Hinterstränge entblösten Vordersträngen durch Induktionsreizung Zuckungen haben erlangen können, dieselbe auf Stromschleifen beruhten. Seine Beweise sind im Original leicht nachzulesen. Durchschneidung der Stränge mit gehörigem Aneinanderfügen der Schnittflächen (welches er Fick den Vorwurf macht vernachlässigt zu haben) habe das Resultat kaum oder so wenig verändert, dass höchstens eine ganz geringe Verstärkung des Stromes (um 2 bis 4 mm Rollenabstand) genügte, um die Zuckung ganz in früherer Stärke herzustellen. Der Verf. gibt zu, dass wenn in allen seinen Versuchen mit Faradisirung der isolirten Vorderstränge nur solche Zuckungen auftraten, die nachweislich auf Stromschleifen beruhten, bei Reizung des noch mit den Hintersträngen zusammenhängenden Marks „wenigstens theilweise“ auch Reflexzuckungen vorkommen. Werden, wie in Ficks Versuchen, die Hinterstränge abgelöst, aber nicht ganz entfernt, sondern nur umgeschlagen, so dass sie

nach hinten zu noch dem Mark verbunden bleiben, so wird hier constant eine isolirte Reizung der Hinterstränge schon bei bedeutend und oft sehr bedeutend schwächerer Stromstärke wirksam, als Reizung der Vorderstränge. Es ist hier offenbar nicht von den Hintersträngen allein die Rede, sondern von der Hinterhälfte des Marks, der noch viele graue Substanz anhing, welche nach dieser Reizung noch Reflexe nach hinten senden konnte.

Eine besondere Wichtigkeit beanspruchen die l. c. pag. 86 und 87 erzählten Versuche, auf die wir den Leser verweisen. In allen diesen Versuchen wurden laut pag. 82 die Nervenwurzeln nur durchschnitten. Es blieb also ein Theil der sensiblen Wurzeln äusserlich am Mark anhängen (natürlich nur der Hinterhälfte). Dies mag auf die quantitativen Unterschiede der von den Vorder- und „Hintersträngen“ aus zur Reizung erforderlichen Stromstärken nicht ohne Einfluss gewesen sein.

Im Ganzen zeigen auch diese Versuche, dass die Resultate von Fick ganz gut sowohl durch Stromschleifen als durch Reflexe vom Reste der Hinterstränge aus erklärt werden können, und dass bei der Stärke der Ströme, die man anwenden muss, um von den aus den Vordersträngen gebildeten Markstreifen aus Bewegung in den hinteren Theilen zu erlangen, Stromschleifen gar nicht auszuschliessen sind. Am wahrscheinlichsten ist es, dass in jenen Versuchen nicht Schleifen oder Reflexe, sondern stets beide zusammen wirksam waren. Die Schleifen gingen längs des isolirten Vorderstrangs bis zur Stelle des Marks, wo ihm der Hinterstrang noch auflag, hier verbreiteten sie sich eine Strecke weit gleichmässig im Mark und mussten so den äusserst erregbaren Hinterstrang treffen, selbst wenn sie nicht dicht genug waren, die Nerven im Innern des Vorderstrangs zu reizen. Hieraus erklärt sich auch die von Fick wahrgenommene geordnete Form der Bewegungen, die nie eintritt, wenn die motorischen Fasern direkt gereizt werden. Vergl. in dieser Hinsicht in meiner Nervenphysiologie pag. 287 eine Bemerkung zur Erklärung der älteren vielbesprochenen Versuche von Engelhardt.

Huizinga's Versuche würden noch viel beweisender sein, wenn sich derselbe bei seinen Reizungen immer der schwächsten Ströme bedient hätte, die von der angesprochenen Markstelle stets nur die erste leiseste Spur von Bewegung hervorgerufen hätten. Dies hat er aber nicht gethan, wie sich aus seiner Bemerkung



erschliessen lässt (l. c. pag. 83), dass wo er von Zuckungen spreche, immer solche gemeint seien, bei „denen die Muskeln des Schenkels und Unterschenkels sich kontrahirten“. Er hätte zeigen sollen, dass auch jene minimalsten Zuckungen, die man erlangen kann, Stromschleifen ihren Ursprung verdanken, d. h. dass wo Schleifen durch weitere Schwächung des Stromes vermieden werden, auch gar keine Zuckungen mehr auftreten; dass also alle Zuckungen von Schleifen herrühren!

Wählt man nur stärkere Zuckungen, so könnten diejenigen, welche sich aus theoretischen Gründen zu Vertheidigern der elektrischen Erregbarkeit a tout prix berufen glauben, die Behauptung aufstellen, die Reizung erzeugenden Ströme lägen denen, die Stromschleifen bewirken, so nahe, dass in der hervorgetretenen Zuckung beide Wirkungen summirt seien. Der geringe Bruchtheil der Zuckung, welcher bei Huizinga durch den Querschnitt in den Vordersträngen verloren gehe, sei gerade der der Reizung (resp. nervösen Fortleitung) angehörige. Wir haben nun gesehen, dass es nahe liegt, diesen Verlust durch den Querschnitt anders zu erklären, es ist aber damit noch nicht der strenge Beweis geliefert, dass die eventuelle Erklärung der Gegner falsch sei <sup>1)</sup>.

Wollen wir uns nun selbst daran machen, durch Minimalzuckungen zu beweisen, dass bereits sie nur Stromschleifen ihre Entstehung verdanken, so dürfen wir uns nicht ohne grosse Gefahr auf die gewöhnliche Methode des Nachweises von Stromschleifen verlassen. Der Verlust durch den Querschnitt könnte, ja er müsste, wenn er überhaupt sichtbar ist, die ganze Zuckung betragen, und der Versuch würde dann von den Vertheidigern der Reizbarkeit zu ihren Gunsten gedeutet werden. Es ist aber am langen Rückenmark der Säugethiere, an welchem wir der Sicherheit und des Vergleichs mit unsern frühern Versuchen wegen das Experiment auszuführen beabsichtigen, noch eine andere Methode möglich.

Es wurden in dieser Versuchsreihe die Thiere, junge grosse Hunde und zwei Kaninchen, auf drei verschiedene Arten vorbereitet.

---

1) Andere nicht unwichtige Arbeiten über diesen Gegenstand sollen später am gehörigen Ort angeführt werden. Hier wäre nur noch zu erwähnen Mumm, Berliner klin. Wochenschr. 1870 und Nothnagel, Zur Lehre vom klonischen Krampf, Virchow's Archiv 1870. Beide gegen Fick.

a) Es wurde das verlängerte Mark rasch durchgeschnitten und künstliche Athmung eingeleitet, die während des ganzen Versuchs nicht unterbrochen wurde.

b) Ein kleines spatelartiges Instrument wurde schief von hinten nach dem Kopf zu in den Atlantocipitalraum eingeführt. In diesem Moment erhob ein Gehülfe den Kopf des festgebundenen Hundes und das Instrument drang hinten in den obersten Theil der medulla oblongata und trat vorn am Pons heraus. Wo, wie in einigen Fällen, die Athmung gelitten zu haben schien, wurde provisorisch künstliche Respiration gemacht, die man nach Wiederherstellung regelmässig spontaner Athmungen wieder einstellte. In den günstigsten Fällen war keine Einblasung nöthig. Diese Methode gelang besonders gut bei den grössten Hunden.

c) Das Thier wurde ätherisirt, das Rückenmark wurde blossgelegt, die Hinterstränge in passender Ausdehnung weggenommen und dann liess man sich das Thier zunächst wieder erholen, um sich zu überzeugen, dass die Leitung von Empfindung und Bewegung durch den entblösten Marktheil regelmässig statt fand. Es wurde nicht immer die sogen. „spontane“ Bewegung des Hinterkörpers abgewartet, sondern man begnügte sich auch mit den reflektirten Zuckungen im Hinterkörper, die nach Reizung des untern Endes des obern Abschnittes der Hinterstränge auftraten. In diese Abtheilung gehören ausser einigen Hunden noch die zwei Kaninchen. Vor dem Versuch wurde das verlängerte Mark wie in a) durchgeschnitten und künstliche Athmung gemacht.

Nach dieser Vorbereitung wurde bei a) und b) gewartet, bis die Auskultation der Brust keine auffallende Verstärkung des Herzschlages mehr zeigte. Dann wurde in der Dorsolumbarregion das Rückenmark 7 bis 10 cm Länge blossgelegt und nach Beschwich-tigung der Blutung die Hinterstränge in der ganzen Länge entfernt. Ebenso die Nervenwurzeln. Bei den Kaninchen unter c) betrug die abgetragene Länge des Hinterstrangs nur 5 cm.

Die Versuche wurden nun nach folgendem Schema angestellt.

Man denke sich die ganze entblöste Rückenmarksstelle nach arbiträrem Masse in eine Reihe gleichgrosser Strecken abgetheilt. Geben wir jeder etwa 5 mm Länge und nummeriren wir diese Strecken vom Kopfende an gerechnet von 1 bis 20. Am obern Ende von 1 wird das Rückenmark durchgeschnitten und dann wird eine schmale oft bluterfüllte Lücke zwischen dem Kopftheil des

Marks und der entblössten Strecke hergestellt. Markstück 1 wird nicht benutzt, da es durch den Schnitt gelitten haben konnte. Markstück 2 und 3 bleibt vorläufig ohne Reizung, in Markstück 3 werden Metallelektroden (Nähnadeln) der Länge oder der Quere nach eingeführt, die bei etwa 2 mm (bei längeren Markstrecken mehr) Spannweite durch die graue Substanz hindurch bis in die Vorderstränge ragen. Sie führen durch einen Unterbrecher, Stromwender und Rheochord hindurch zu einer galvanischen Zinkkohlenbatterie, deren thätige Elementenzahl variiert werden kann. In vielen Fällen habe ich auch kleine Daniell benutzt.

Nun lässt sich von sehr schwachen Strömen anfangend durch allmähliche Verstärkung immer eine Stromhöhe finden, die in Markstrecke 4 die letzten Spuren einer Zuckung gibt, die man nicht mehr durch Gelenkbewegung, sondern noch durch die Erschütterung und Anschwellung der Muskeln unter der Haut der Lenden oder des Oberschenkels bemerkt. Diese minimale Zuckung erzeugt man erst einigemale, nachdem die Elektroden herausgenommen und wieder eingeführt sind, so dass man sie als von Zufälligkeiten bei Einführung der Elektroden unabhängig betrachten kann. Geht man nun nach der Markstrecke 3 oder noch sicherer nach 2, so fehlt diese Zuckung, alles bleibt ruhig, geht man nach 6, 8 oder 10 u. s. w., so wächst die Zuckung, aber nicht gleichförmig, sondern zuerst sehr langsam, dann immer stärker. Man macht nun denselben Versuch mit umgekehrter Stromesrichtung, bei der man oft die Höhe des Stromes etwas verändern muss, um die Zuckung in 4 fast unmerklich zu haben. Je länger man die arbiträren Einheiten nimmt, um so leichter, je kürzer um so beweisender ist der Versuch. Manchmal zeigte sich im Aufsteigen von 4 nach 16 (weiter wird man bei 20 Einheiten nicht leicht gehen dürfen um direkte Reizung von Nervenwurzeln zu vermeiden) an einer Stelle eine kleine Unregelmässigkeit, man bemerkt kein Wachsen, ja sogar eine interkurrirende sehr leichte Abnahme der Zuckung. Die Ursache fand ich meistens in kleinen Blutgerinnseln, die neben oder unter dem Mark lagen, nahe der refraktären Stelle.

Es kommt auch vor, dass wo man bei unerregbaren Thieren relativ starke Ströme anwenden muss, die Lendenmuskeln trotz der abgeschnittenen oder mit dem Ganglion resezirten Wurzeln jedesmal zucken, wo man auch reize, nur die zuckende Stelle der Muskeln verändert sich mit den Markstrecken. Dies ist wenig

störend, wenn man nur die Hinterfüsse beachtet. Wo dies bei der Demonstration stört, beginne man statt mit Strecke 4 sogleich mit 12 und erzeuge hier die minimale Bewegung. Man braucht dann einen schwächeren Strom. Die Versuche werden noch viel lehrreicher und anschaulicher, wenn man die schwach zuckenden Muskeln bloß legt.

Was beweist dieser Versuch? Wesentlich nicht viel Anderes als der erste von Huizinga. Aber wir sind hier sicher, dass da, wo die minimale Zuckung fehlt, wirklich Ruhe, völlige Ruhe vorhanden ist, wir sind sicher, die Hinterstränge und die ihr zunächst aufliegende graue Substanz nicht einmal berührt oder in irgend einer Weise durch Ziehen mit dem Messer, durch Druck afficirt zu haben und dass die ganze graue Substanz und die Seitenstränge unverletzt vorhanden sind. Er beweist, dass beim Säugethier die Vorderseitenstränge nicht erregbarer sind als beim Frosch. Wenn die minimalen Zuckungen bei Reizung von Strecke 4 durch Erregung von längsverlaufenden Nervenfasern bewirkt sind, so ist kein Grund vorhanden, warum derselbe Strom, in derselben Richtung und in derselben Weise geschlossen, dieselben Nerven nicht auch in der vorhergehenden Strecke 3 oder 2 erregen sollte. Hätten wir es mit einem Nerven zu thun, so könnte man vermuthen, 2 könne weniger, könne anders erregbar sein als 4, weil es dem Querschnitt näher liegt. Der Nerv entartet vom Querschnitt aus. Aber dies thut nicht das mit der grauen Substanz bedeckte Markstück. Wo die Hinterstränge noch erhalten sind, kann man nachweisen, dass das in seiner ganzen Dicke durchschnittene Rückenmark noch nach Monaten erregbar bleibt. Aber was thun die Hinterstränge für die Erhaltung des übrigen Markes? Nichts, sie sind nur das Mittel, dessen erhaltene Thätigkeit nachzuweisen. Wir können also nicht nachweisen, dass sich während der relativ kurzen Dauer unseres Versuches das Mark vom Schnittende aus verändert und dadurch die Anspruchsfähigkeit von Strecke 2 im Vergleich mit Strecke 4 erhöht oder vermindert habe.

Strecke 3 liegt weiter vom Muskel ab als Strecke 2. Aber die Differenz ist beim langen Hinterkörper der Säugethiere relativ viel zu klein, als dass sie hier sichtbar hervortreten sollte. Zudem würde nach Pflüger's bekannten Ermittlungen (wenn wir sie auf's Mark übertragen dürften, was diejenigen, die im Vorderstrang einen Nerven sehen, eigentlich am wenigsten leugnen sollten) Strecke 2

als centraler im Vorzug sein. Beruft man sich aber auf die schönen Untersuchungen von Fleischl, so dürfte sich, wenn unser Erfolg von Erregbarkeitsverschiedenheiten der beiden Strecken herrührte, derselbe nicht gleichmässig bei den zwei verschiedenen Stromesrichtungen sich gestalten.

Wir können also nicht umhin anzuerkennen, dass wenn Nervenregung und Nervenleitung bei Reizung von 4 die minimalen Zuckungen erweckt, wir sie auch bei gleicher Reizung von Strecke 2 aus erwarten dürfen. Und wenn sich dennoch eine fundamentale Verschiedenheit zeigt, so beweist dies, dass die Ursache der Zuckungen nicht in Nervenregung und Nervenleitung liegt; da andere Versuche zeigen, dass die Leitungsfähigkeit vorhanden und nicht geschwächt ist, so kann nur die Anspruchsfähigkeit, die Erregung hier fehlen und die Zuckungen müssen aus andern ursächlichen Verhältnissen entspringen, die für 2 und 4 verschiedene, für das letztere günstigere sind. Also sobald der galvanische Strom von einer der Hinterstränge beraubten Rückenmarksstrecke Zuckungen erregt thut er es durch Stromschleifen und nicht durch nervöse Erregung. Dies ist nicht nur, wie bereits bewiesen war, gestattet anzunehmen, um den Einklang mit der Wirkung der übrigen Reizmittel und selbst der gewöhnlichen, schwachen, im Laboratorium gebräuchlichen, galvanischen Stromes herzustellen, sondern es ist geboten, dies anzuerkennen, wenn es auch aller Analogie zuwider wäre, und die übrigen Reizmittel sich wirksam gezeigt hätten. Es scheint aber bei Säugethieren nicht der Regel zu entsprechen, was man für den Frosch, nach Huizingas Angaben präparirt, nicht zurückweisen kann, dass die Stromschleifen direkt auf die bewegenden Nervenwurzeln einwirken. Sie scheinen beim Hund öfter die Hinterstränge zu erregen und von hier aus die Reflexe hervorzurufen.

Wo die Vorderstränge einfach am Rückenmarksquerschnitt gereizt werden, sind die Stromschleifen bei Frosch und Säugethier nur durch Reflexe von den Hintersträngen aus wirksam, wenn der Querschnitt nicht das Rückenmark so weit unten trifft, dass die bewegenden Wurzeln der Hinterstränge schon im Mark vorgebildet sind. Im letzteren Falle entstehen noch keine „geordneten“ Bewegungen.

Hier ein anderer Versuch, den ich in dieser Form nur ein Mal und vor noch nicht langer Zeit hier in Genf angestellt habe.

Einem Hunde mit künstlicher Athmung wurde etwa  $\frac{1}{2}$  Stunde nach Durchschneidung des verl. Marks das Dorsalumbarmark in grosser Ausdehnung und bis zum dritten Lendenwirbel nach hinten zu blosgelegt. Die Hinterstränge wurden nur bis an die Mitte des ersten Lendenwirbels abgezogen und nach hinten zurückgeschlagen, die Dura war aber am ganzen blosgelegten Theil des Rückenmarks geöffnet und die entsprechenden Nervenwurzeln durchschnitten. Es wurden Induktionströme angewendet und der Hammer des Schlittenapparates (ohne Helmholtz'sche Vorrichtung) war in beständigem Spiel. Im induzirten Kreise das neue Edelmann'sche Spiegel-dynamometer eingeschaltet. Die Nadelelektroden im Mark des vorletzten Rückenwirbels. Nun wurde der Schlitten gegen die primäre Spirale hin verschoben, bis deutliche Zuckungen in den Hinterfüssen entstanden. Im Vorderkörper waren einzelne Contractionen schon lange vorher bemerklich. Die Abweichung am Dynamometer war 4. Einige Male ging man mit der sekundären Spirale zurück und wieder vor. Stets die Zuckungen bei 4 des Dynamometers, der in der Distanz von 120 cm beobachtet wurde. Nun zog man die im Vergleich zum übrigen Mark ziemlich dünnen Hinterstränge bis zum dritten Lendenwirbel zurück, wobei (reflektirte) Zuckungen entstanden. Der Schlitten, der unterdessen in grosser Entfernung von der primären Spirale verblieben war, wurde jetzt wieder vorgeschoben. Man musste viel näher gehen als vorher, bis wieder Zuckungen in den Hinterfüssen entstanden, und der Dynamometer stand jetzt auf 11. Also eine solche Verstärkung des Stromes war erforderlich, nachdem ohne sonstige Veränderung nur die Deviation auf die Hinterstränge modifizirt, resp. erschwert war.

Die meisten der vorstehenden Versuche waren schon seit Jahren angestellt und in den Vorträgen gelegentlich wiederholt worden, als eine neu erwachsende Frage mich veranlasste, dieselben in etwas modifizirter Weise nochmals in Angriff zu nehmen.

### Pyramidenseitenstränge.

Man weiss, welche Wichtigkeit und welche besondere Stellung man heute in der menschlichen Pathologie den Pyramidenseitensträngen und den Pyramidenvorderstrangbahnen in Betreff der

Leitung der Bewegungsantriebe einräumt. Man hat sie nicht selten als die einzigen motorischen Bahnen für die Willensimpulse angesehen und sie sind es, die, wie schon seit Türck's Untersuchungen bekannt ist, nach Lähmung der sogenannten motorischen Centren im Gehirn in absteigender Richtung bis ins Lendenmark hinab entarten. Vielfache Untersuchungen haben dargethan, dass diese Bahnen bei Hunden besonders durch die Pyramidenseitenstrangbahnen repräsentirt werden, während eine kompakte Vorderstrangbahn nicht nachzuweisen ist. Eine ziemliche Reihe von Versuchen an Hunden von jeder Altersstufe zwingt uns, dem von Singer jüngst veröffentlichten Ausspruche beizustimmen, dass die Entartung dieser Stränge nach — auch nur unvollständiger — Ausrottung der fälschlich als motorisch betrachteten Hirnregion bei Hunden stets bis gegen das Ende des Brustmarkes und oft bis ins Lendenmark hinein zu beobachten ist. Weitere Versuche haben uns dargethan, dass auch bei Hunden und Katzen diese Bahn wirklich bewegungsleitend (wir sagen noch nicht motorisch) ist, und dass sie in Betreff dieser Funktion vor den übrigen bewegungsleitenden Bahnen manche Besonderheiten voraus hat, die ich gelegentlich ausführlicher erörtern werde. Sie scheint in Betreff der Curarewirkung vor den übrigen kinesodischen Bahnen bevorzugt, indem, wenn diese schon funktionslos geworden, in ihr noch die Möglichkeit einer motorischen Leitung erhalten bleibt (Katzen). In dieser Bahn suche ich auch nach meinen neueren Untersuchungen den Sitz der motorischen Ataxie, insofern sie nicht durch den Verlust des Tastsinns in Folge der Entartung der Hinterstränge erklärt werden kann, oder insofern (wie in der hereditären Ataxie Friedreichs) die Hinterstränge dabei nicht erkrankt, sondern nur theilweise atelektatisch sind. Es fragt sich nun — und besonders mein Assistent Herr N. Löwenthal hat mir diese Frage dringend ans Herz gelegt, — ob diese Stränge vielleicht elektrisch erregbar, also motorisch seien. Zwar waren schon in den früheren Versuchen, wo das ganze Mark mit Ausnahme der Hinterstränge gereizt wurde, die uns hier interessirenden Stränge offenbar mitgereizt worden, ohne dass sich eine direkte Erregbarkeit kund gab, es waren aber die sehr wenig von einander entfernten Elektroden immer mehr in den Mediantheil des Marks gesenkt worden, um gleichzeitig beide seitlichen Markhälften zu reizen. Auf diese Weise waren die Pyramidenseitenstrangbahnen seitwärts

und nach aussen von den Elektroden geblieben und hatten zwar starke, aber doch nur derivirte Ströme erhalten. Es lohnte sich der Mühe, auf diese Bahnen direkt und für jede Seite besonders zu wirken. Gleichzeitig gebot dieselbe Indikation auch den mechanischen Reiz nochmals auf diese Bahnen ganz direkt und in besonderer Concentration einwirken zu lassen, woran man in den früheren Versuchen nicht gedacht hatte.

Es wurden zwei Versuchsreihen gemacht. In beiden wurde als zu reizende Strecke das Mark zwischen dem zweit- und vierletzten Brustwirbel gewählt, weil es hier leicht ist, von der hintern Seitenfureche oder dem oberen Theile des grauen Hinterhirns aus eine Nadel so einzuführen, dass sie die fragliche Stelle des hintern Seitenstrangs berühren oder streifen muss. Für die elektrische Reizung ist es leicht, die zwei Elektrodennadeln so einzusetzen, dass sie diese Pyramidenbahn zwischen sich fassen.

In der ersten Versuchsreihe werden, bei künstlicher Respiration, die Hinterstränge nach dem oft erwähnten Verfahren bis ins Lendenmark abgehoben und resizirt. Die Spinalnervenzurzeln neben der entblösten Stelle wurden durchschnitten. Man hatte nun die grauen Hinterhörner frei vor sich liegen und man konnte, sie vertikal an der geeigneten Stelle durchbohrend, die Nadeln einführen. Der Versuch wurde wie in der vorigen Reihe gemacht, erst von der unteren Stelle (vorletztem Brustwirbel), den Reiz einer galvanischen Kette bis zur minimalen Wirkung verstärkend, eine minimale Zuckung erzielt, was gewöhnlich schon relativ sehr kräftige Ströme erforderte. Dann zeigte man, dass derselbe Reiz weiter oben ohnmächtig war, dann ging man wieder zur untern Stelle zurück, um zu zeigen, dass der Mangel der Zuckung weiter oben nicht von einer Desorganisation an der ersten Versuchsstelle durch die Nadeln herrührte. Da dies nicht ganz sicher schien, wurde auch einige Male zuerst die obere Stelle mit dem Induktionsapparat bis zu einer Spur von Zuckungen gereizt, dann ging man sogleich zu der unteren Stelle und zeigte, dass hier die Zuckungen merklich stärker waren. Während des Einsetzens der Nadeln war der Hammer angehalten. Nach dieser Demonstration wurde an einer tieferen Stelle und stets ohne Erfolg mechanischer Reiz mit der Pinzette bis zum Zerquetschen, oder thermischer mittelst einer erwärmten zugespitzten Stricknadel angewendet. Bei diesen letzteren Reizen wurde, um die fragliche Stelle sicher nicht



zu verfehlen, stets weiter über ihre Grenzen hinausgegangen, dann wurde gewöhnlich dieselbe Versuchsreihe an der andern Körperhälfte wiederholt.

Die zweite Versuchsreihe ist meistens an Thieren angestellt, die nach Abtrennung des Pons Varolii noch oder wieder selbstständig athmeten. Sie sollte unter andern die Frage beantworten, auf die ich schon vor Jahren in Betreff der ästhesodischen Substanz negativ antworten konnte, ob nämlich der Zutritt der Luft und die Entzündung dem an sich durch Elektrizität nicht reizbaren Pyramidenstrang und überhaupt der kinesodischen Substanz, einen gewissen Grad von Reizbarkeit verleihen könne. Allerdings sind diese Versuche in dieser Hinsicht vielleicht rudimentär zu nennen, da ich in keinem Falle in dieser Versuchsreihe mit der zweiten Reizungsreihe länger als 1 Stunde und 40 Minuten nach der Anlegung der Markwunde gewartet habe. Seitdem ich diese Frage für die graue Substanz zum ersten Male behandelt habe, hat dieselbe ein erhöhtes Interesse dadurch gewonnen, dass man an den erregbaren Theilen des Grosshirns öfter, aber nicht regelmässig, die Beobachtung gemacht hat, dass die durch eine erste Reizungsreihe herbeigeführte Verwundung und Schwellung schon nach einer halben Stunde den Erfolg einer neuen Reizungsreihe erhöht, um in späterer Zeit oft die entgegengesetzte Nachwirkung zu zeigen. Allerdings haben wir es hier aber mit einem Reiz zu thun, den nur die Einbildung einiger Theoretiker zu einem motorischen stempelt. In Wahrheit haben wir — und dies kann nicht oft genug wiederholt werden — einen sensibeln Reiz vor uns, der reflektorisch Bewegungen schafft. Dass die Empfänglichkeit sensibeler Nerven durch beginnende „Entzündung“ (um die ganze Macht des Traumatismus in ein an sich bedeutungsloses Wort zu fassen) rasch modifizirt werde, ist eine bekannte Thatsache.

Es wurde nach Abtrennung der Wurzeln und Eröffnung der Dura nach der Methode verfahren, nach welcher ältere Autoren schon versucht haben, den hintern Theil des Marks mit dem Hinterstrang abzutrennen. Ein scharfes, flaches Messerchen wurde in den ersten zwei Versuchen im Niveau des zweiten Lendenwirbels, in den andern 5 des letzten Brustwirbels sagittal ins Mark von der Seite her eingebohrt, da wo das hintere (obere) Drittheil der Markhöhe an die vordern zwei Drittheile stösst, und das Messer wurde parallel der Achse des Markes nach vorn geführt bis zum

viertletzten Wirbel. Hier wurde von oben nach unten auf das flache Messerchen eingeschnitten und der so gebildete hintere Markstreifen wurde auf eine Caoutschoucplatte gelegt.

Dieser Markstreifen enthielt zunächst die Hinterstränge, vielleicht mit Ausschluss ihrer Spitze, dann die hinteren Hörner der grauen Substanz und endlich etwa das hintere Drittel der beiden Seitenstränge, die gesuchten Pyramidenbahnen mussten also im Seitenstrangantheil dieses Streifens ganz enthalten und vom Vordertheil des Marks abgelöst sein. Wir hatten also zu unserm Zwecke diesen Markstreifen zu reizen. Nach den ersten zwei Versuchen kam mir das Bedenken, dass wir über die Lage der Pyramidenbahn im Lendenmark nicht durch genügend zahlreiche Versuche so weit unterrichtet seien, um die Möglichkeit von der Hand zu weisen, dass sich hier die Fortsetzung dieser Bahn, nach hinten im Mark zersplitternd, sich zum Theil mehr in die untern Theile des Seitenstrangs begeben könne, so dass sie, wenn der Schnitt zu weit ins Lendenmark reiche, durch denselben getroffen und so die Reizung weiter oben illusorisch werden könne. Und deshalb habe ich in den späteren Versuchen die Ausdehnung des Schnittes auf das Brustmark beschränkt, wo unsere topographischen Kenntnisse des Hundemarkes auf breiterer Basis stehen. Das Resultat war übrigens in allen diesen Versuchen dasselbe. Es zeigte sich sowohl bei der ersten als bei der später vorgenommenen zweiten Reizungsreihe ganz wie früher, dass sobald eine elektrische Reizung von der Pyramidenbahn aus Bewegung in den Hinterfüßen bewirkt, dies ausschliesslich durch Stromesschleifen geschieht.

Ich habe nur 35 bis 100 Minuten gewartet, bis ich die zweite Reihe der Reizungen vornahm, weil ich fürchten musste, dass längeres Warten die in dem abgelösten Markstreifen befindliche graue Substanz wieder aufwecken, und so die Reflexe von den gereizten Hintersträngen aus bewirken könne, die ich in meinem Lehrbuche der Nervenphysiologie pg. 264 von Fröschen beschrieben, und die ich seitdem auch bei jungen Hunden bestätigend beobachten konnte.

Noch einer kleinen Variante dieser Versuche will ich erwähnen, weil sie in analogen Fällen methodisch verwendet werden kann. In einem der Fälle mit Abtrennung des Markstreifens verhinderte mich Bluterguss, die Grenzen der Stränge deutlich zu

sehen. Die Pole mussten auf's Ungefähr eingestochen werden. Um mich nach dem Versuche zu überzeugen, dass ich die Pyramidenbahn nicht verfehlt, habe ich statt der einen Nadel ein scharf zugespitztes, feines, nadelförmiges, eisernes Röhrchen verwendet und nach Vollendung der Reizungen an jeder Stelle durch das Röhrchen etwas Tinte eingespritzt, oder vielmehr einfließen lassen. Die zweite Reizung oben und unten wurde hier je  $\frac{1}{2}$  cm unterhalb der ersten gemacht. Das Mikroskop (Beleuchtung von oben) zeigte hier die Tintemelanose genau an der Stelle der Pyramidenbahn, und nach unten her ihre Grenze etwas überragend.

Noch ein anderes Resultat hat die letztbeschriebene Form der Versuche geliefert, das uns hier interessirt. Man erinnert sich der Angabe von Fick, auf die er so vielen Werth legt, dass bei Fröschen, von dem der vorderen Hälfte angehörigen Rückenmarksstreifen mit viel geringeren Stromesstärken Zuckung zu erlangen gewesen seien, als von dem den Hinterstrang einschließenden Streifen. Dieser Unterschied hat sich bei Fröschen nicht immer so wiedergefunden. Im Gegentheil zeigte sich in den Versuchen von Mayer und Huizinga die Reizung vom hinteren Lappen wirksamer. In den sieben Versuchen an Hunden, in denen die „Hinterstränge“ ganz nach der von Fick beschriebenen Methode präparirt waren, habe ich nicht versäumt, wenigstens je ein Mal dieselbe Vergleichung zwischen den sogen. Hintersträngen und dem Reste des Markes anzustellen, und jedesmal zeigte sich das Resultat entschieden und in auffallender Differenz zu Gunsten der Angabe von Fick. Eine Stromstärke, die vom hintern Markstreifen noch lange nicht genügte, rief in gleicher Entfernung von der Einstichsstelle vom Reste des Markes aus, der im Wirbelkanale geblieben war, sehr deutliche Zuckungen in den Hinterfüßen hervor. Was darf, wenn dies Resultat aus nur 7 Versuchen einer Verallgemeinerung für die Säugethiere fähig ist, hieraus geschlossen werden? Von dem Standpunkte, auf den wir durch die früheren Versuche verwiesen werden, ist dieses Resultat leicht zu erklären. Unser Sagittalschnitt liess  $\frac{2}{3}$  der Höhe des Rückenmarks im Wirbelkanal. Das abgehobene Cylindersegment, das den Hintersträngen entspricht, hat die halbe Höhe des zurückgebliebenen, also einen Querschnitt von viel weniger als der Hälfte des Querschnittes des Segmentes, welches die Vorderstränge einschliesst. Der letztere Querschnitt enthält aber viel mehr graue Substanz als der erstere.

Wenn der Leitungswiderstand der grauen Substanz nicht sehr von derjenigen der weissen verschieden ist, was bei der unsymmetrischen Einsetzung der Elektroden die Berechnung misslich machen würde, so ist, da die wechselseitige Entfernung der Elektroden von einander ein für alle Male bestimmt ist, der viel dickere im feuchten Wirbelkanal liegende Vorderstrang den Stromschleifen gegen das noch unverletzte Mark hin viel günstiger disponirt als der „Hinterstrang“.

Könnte aber dieses den Fick'schen Angaben gleichlautende Resultat auch, wie dies Fick selbst zu thun geneigt ist, zu Gunsten der Fick'schen Auffassung interpretirt werden? Nichts weniger. Im Gegentheil ist es vielleicht mehr als alle anderen bis jetzt vorgeführten Thatsachen geeignet, die theoretische Grundlage zu erschüttern, zu deren Gunsten Fick sich berechtigt glaubt, den ihm offenbar entgegenstehenden Versuchsergebnissen Gewalt anzuthun. Er verlangt, dass alle elementaren Strecken dunkelrandiger Nervenfasern, die mikroskopisch und physikalisch keinen Unterschied zeigen, sich auch den verschiedenen Reizen gegenüber völlig gleich verhalten. Er glaubt gefunden zu haben, dass die Vorderstrangelemente, deren Reizbarkeit geleugnet wurde, durch elektrische Ströme dazu gebracht werden können, Bewegungen zu veranlassen, aber diese Ströme müssen viel stärker genommen werden, als für irgend einen anderen reizbaren Theil des Organismus. Er kannte die jetzt dargelegten Thatsachen nicht, welche beweisen, dass diese Bewegungen, wie sie zuerst bei stets wachsender elektrischer Reizung auftreten, nothwendig auf Stromschleifen zurückgeführt werden müssen. Jedoch mit dem vermeintlichen Beweise der Reizbarkeit, aber einer von derjenigen der übrigen Nerven so sehr verschiedenen, anscheinend so viel geringeren Reizbarkeit der Vorderstränge hat die theoretische Forderung noch gar nichts gewonnen, wenn nicht zwei neue Hypothesen hinzugefügt werden, für die der Verfasser keine Beweise beizubringen sucht, weil es ihm offenbar genügt, wenn dieselben nicht widerlegt, als falsch dargestellt werden können. In diesem Falle schon wird ihm — und hierin ist er ganz logisch — die theoretische Forderung zum kategorischen Imperativ, der gebietet, sie wenigstens vorläufig als zulässig anzunehmen.

Die erste dieser Hypothesen behauptet, dass die Verschiedenheit in der Reizbarkeit der hier verglichenen, nervösen Ap-

parate sich auf einen nur quantitativen Unterschied zurückführen lasse, dass also die Vorderstränge, die die stärksten mechanischen und thermischen Reize ruhig über sich ergehen lassen, dies nur deshalb thun, weil diese Reize im Vergleich mit den elektrischen doch nur schwache Reize seien, und dass auch die Elektrizität, wie sie gewöhnlich und ohne grosse Gefahr der Täuschung bei physiologischen Versuchen in Anwendung kommt, hier durch stärkere Ströme ersetzt werden müsse.

Die zweite dieser unentbehrlichen Hülfsypothesen sucht zu zeigen, wie man trotz dieser Nothwendigkeit einer beispiellos starken Reizung zur Erzielung eines minimalen Effektes die Gleichheit der Reizbarkeit aller „motorischen“ Apparate dadurch retten könne, dass man annehme, dass zwar die Faser schon von schwachem Reize wie jeder Nerv erregt wurde, dass aber die Ganglienhäufen, die alle Rückenmarksmotoren vor ihrer Sammlung zu eigentlichen Nervenwurzeln durchsetzen müssen, den Reiz so zerstreuen und schwächen, dass nur die stärksten Anregungen zur Wirksamkeit gelangen. Wir haben oben schon bei der historischen Auseinandersetzung die Schwäche dieser Hypothese und ihre Unzulänglichkeit zu zeigen versucht. Die zuletzt besprochenen Versuche geben uns Gelegenheit, noch einmal auf dieselbe zurückzukommen.

Die meisten Fasern der Vorder- und Seitenstränge, von denen der grauen Substanz gar nicht zu reden, stehen unleugbar mit den Ganglienzellen in mehrfacher und sehr enger Verbindung. Schon Stilling hat, auf anatomische Untersuchungen gestützt, den Satz ausgesprochen, dass viele dieser Fasern „Provinzialfasern“ sind. Sie treten an einer Stelle aus der grauen Substanz als querlaufende, bald sich in die Längsrichtung umbiegende Fasern heraus, verharren für eine längere oder kürzere Strecke in der Längsrichtung und kehren dann wieder umbiegend in die graue Substanz zurück. Von dieser Stelle der Rückkehr treten andere Fasern aus der grauen Substanz heraus, welche die virtuellen, durch Ganglienkugeln unterbrochene Fortsetzungen der früheren bilden, und ebenfalls im weiteren Verlauf wieder zur grauen Substanz zurückkehren können. Eine Anzahl der Fasern der Seiten- und Vorderstränge wären demnach nichts anderes als Commissuren zwischen verschiedenen Parthien der grauen Centralmasse des Rückenmarks.

Dieser Anschauung zu Hülfe treten das physiologische Experiment und die pathologische Anatomie. Ersteres zeigt, dass man die Vorderstränge und die meisten Theile der Seitenstränge quer durchschneiden kann, ohne dass die Ausführung auch nur einer einzigen Bewegung dauernd verhindert wird. Commissuren zwischen Theilen der grauen Substanz können immer durch andere Commissuren, die noch in Menge vorhanden sind, mehr oder weniger vollkommen ersetzt werden. Beobachtet man doch auch Analoges bei theilweisen Verletzungen der grauen Substanz selbst.

Die pathologische Anatomie hat bei Menschen und Säugethieren nachgewiesen, dass bei queren Trennungen der Seiten- und Vorderstränge die meisten der getrennten Fasern nicht degeneriren, weder im obern noch im untern Markabschnitt. Diese nicht degenerirenden Fasern müssen also oben und unten mit Ernährungscentren in Verbindung stehen (Schiefferdecker) und solche Ernährungscentren, welche die paralytische Degeneration verhüten, sind bis jetzt nur in der gangliösen Substanz gefunden worden.

Ausser den eben besprochenen, vielfach mit der grauen Substanz verbundenen Fasern nimmt Stilling in den Vorder- und Seitensträngen noch andere eigenthümliche Längsfasern an, die dem Strange definitiv angehören und in ihm bis zum verlängerten Mark oder zum Gehirn verlaufen, und so eine direkte Leitung herstellen. Näheres über die Stellung und topographische Vertheilung dieser eigenen Fasern wusste Stilling nicht anzugeben. Er findet sie vorherrschend in den äusseren Parthien.

Die pathologische Anatomie hat uns zuerst mit denselben genauer bekannt gemacht. Nach queren Verletzungen des Marks hat man einzelne bestimmte Punkte im Vorder- und Seitenstrang erkannt, in denen sich Bündel von Fasern befinden, die entweder nur in aufsteigender oder nur in absteigender Richtung entarten und deren entartete Fortsetzungen man bis zum Hirne, resp. bis zum Lendenmark verfolgen konnte. Wenn eine solche Entartung eine ganze Faser ergreift, so muss sie ein ununterbrochenes Ganze bilden.

Halten wir uns an die absteigenden, in centrifugaler Richtung entartenden Fasern, so hat man schon seit lange ein Bündel entdeckt, das bei Gehirnkrankheiten oder experimentellen Hirnverletzungen, die mit Lähmung verbunden sind, längs der ganzen Ausdehnung des Rückenmarks bis zur Lendenanschwellung herabläuft.

Es ist dies der schon besprochene Pyramidenstrang. Die Pyramidenvorderstrangbahn ist unbeständig, die Pyramidenseitenstrangbahn ein ganz beständiger Befund bei centralen Lähmungen. Das Ernährungscentrum dieser Bahn liegt also im Gehirn und ein unteres im Rückenmark gelegenes Ernährungscentrum gibt es nicht.

Zu erörtern, was wir von den physiologischen Eigenthümlichkeiten dieser Bahn wissen, gehört nicht hierher. Ihre Durchschneidung hebt allerdings nicht bestimmte Bewegungen vollständig auf, weil noch die Bahnen der grauen Substanz übrig sind, aber bestimmte Bewegungen werden dauernd mühevoller, seltener und einzelne Bewegungskombinationen hören auf, wenn auch die einzelnen Muskeln, die bei ihnen thätig sind, sowohl für sich als zu andern Kombinationen verbunden, noch unter dem Einfluss des Willens stehen. Reflexerregungen von schwacher Tension, die noch nicht auf die graue Substanz wirken, können schon durch die Pyramidenstränge Reflexbewegungen hervorrufen.

Fassen wir dies alles zusammen, so erkennen wir, dass die Fasern der Pyramidenstränge fast ganz ohne Beziehungen zur grauen Substanz des Rückenmarkes stehen. Man kann diese Beziehung nicht ganz in Abrede stellen, wie dies schon versucht worden ist, denn in den Nervenstämmen sind bei Gehirnlähmungen die entarteten Nerven bis jetzt nicht wiedergefunden worden. Es wird sich also ganz dicht am Ursprung des Nerven der entsprechende Theil des Pyramidenstrangs ganz vorübergehend in die graue Substanz begeben.

Ficks unentbehrliche Hülfs-hypothese muss also annehmen, dass eine vergleichende elektrische Reizung der Pyramidenbahn und der übrigen kinesodischen Substanz, in den erstern eine bei weitem geringere „Schwächung“ des Reizes durch Ganglienverbindung ergeben würde, d. h. bei allmählich gesteigertem Reiz würde die Pyramidenbahn bei weitem früher Zuckungen ergeben als die Fasern der Vorder- oder der vorderen Seitenstränge.

Wir haben schon gezeigt, dass wenn man bei Säugethieren das Rückenmark auf dieselbe Weise präparirt, wie dies Fick an Fröschen that, um den Hinterstrang „sofort“ reizen zu können, die Pyramidenbahnen bei den Hintersträngen in einem und demselben Segmente verbleiben und dass die Reizung gerade das Gegentheil von dem ergibt, was Fick nach seiner Theorie einzig erwarten darf, d. h. dass, wie Fick bei Fröschen gesehen,

die Reizung der Pyramidenbahnen viel schwerer Bewegungen ausgelöst, als Reizung der übrigen kinesodischen Fasern.

Die Fick'sche Hülfshypothese muss also definitiv als unzulässig betrachtet werden, wie wir dies schon Eingangs dieser Arbeit vorhersagten.

Und so hätte es für Fick und die Anhänger seiner Ansichten gar kein Interesse mehr, eine elektrische Erregbarkeit der kinesodischen Elemente zu vertheidigen. Die Identität der Reizwirkungen an allen uns sonst gleichartig erscheinenden Nervenfasern ist nun einmal durchaus nicht mehr herzustellen.

Sie ist auch dann nicht herzustellen, wenn nachgewiesen würde, dass unser Beweis für die Unerregbarkeit der kinesodischen Substanzen unzulänglich wäre.

Und unzulänglich ist er allerdings in gewisser Beziehung. Es ist bewiesen, dass die Zuckungen, die bei stets anschwellendem Strome von den Vordersträngen aus entstehen und wachsen, nur Deviationen des Stromes und nicht der lokalen Reizung ihre Entstehung verdanken. Es kann, setze ich hinzu, diese Zuckung bis zum Maximum gesteigert werden, ohne dass eine lokale Reizung anzunehmen ist. Es geht daraus hervor, dass eine elektrische Erregbarkeit der kinesodischen Substanzen niemals demonstriert werden kann.

Wie nun, wenn irgend ein Akrobate auf dem Pegasus des Prinzips behaupten wollte, dass bei noch mehr verstärktem Strome doch endlich Reizung der Vorderstränge eintrete, dass aber diese Reizung dann nicht mehr im Muskel zur Erscheinung kommen könne, der bereits schon früher durch Stromschleifen, unipolare Ablenkung, Reflexbewegung, vielleicht auch paradoxe Nebenleitung, unfehlbar auf dem Maximum seiner Erregung festgehalten würde! Eine solche Behauptung wäre kaum zu widerlegen.

Sie bedarf aber, wie man sieht, der Widerlegung gar nicht. Jener Pegasus ist Rozinante geworden.

### **Empfindung.**

Wir haben schon erwähnt, dass ein Rückenmarkssegment, das seiner Hinterstränge beraubt ist, nicht nur Schmerz und Druckempfindung sehr gut zum Gehirn leitet, sondern unmittelbar nach



der Verletzung der Hinterstränge in den hinter der Verletzung gelegenen Körperteilen eine Art von Hyperästhesie entstehen lässt. Während die Tastempfindung stets fehlt, wird leichter Druck als starker Schmerz empfunden und bei Kaninchen durch Schreien als solcher angezeigt. Bei Hunden ist diese Hyperästhesie weniger ausgebildet. Näheres über dieselbe gehört nicht hierher und bei anderer Gelegenheit werde ich diesen Punkt ausführlicher behandeln.

Um so auffallender ist es, dass dieser entblösste Theil des Markes, der Empfindung so gut leitet, unfähig ist, durch direkte Reizung irgend erkennbare Zeichen von schmerzhafter oder taktiler Empfindung zu erwecken. Man kann bei Kaninchen und Hunden (ich habe den Versuch auch bei Katzen angestellt) während sie fressen Nadeln in die graue Substanz, in die Seitenstränge, oder durch die Kommissuren hindurch in die Vorderstränge einbohren, man kann diese Theile mittelst Nadeln zerreißen, quetschen, man kann sie durch ätzende Substanzen zerstören, man kann sie, wenn man Stromschleifen auf die benachbarten Hinterstränge vermeidet, durch unterbrochene oder abwechselnde elektrische Ströme misshandeln, die Thiere werden nicht gestört, sie zeigen sich nicht einmal überrascht, ihre Athmung bleibt ruhig, sie fressen unbekümmert weiter. Diese Theile sind gefühllos, und insofern sie Leitungsbahnen für Empfindungen darstellen sind sie zum grössten Theil ästhesodisch.

Sind aber alle empfindungsleitenden Fasern, deren direkte Reizung keine Art von Empfindung erregt, als unerregbar für nicht im Nervensystem selbst übertragene Eindrücke zu betrachten? Diese schwierige Frage hat man früher in der Physiologie mit einem unbedenklichen Ja beantwortet. Und doch hätten schon damals manche längstbekannte pathologische Erfahrungen am Menschen darauf hinweisen können, dass es peripherische Organe besonders in der Unterleibshöhle, in der Brust gibt, deren Reizungen, wenn sie langsam wachsen, sehr lästige Reflexe erregen, ohne dass diese Reizungen selbst im Geringsten gefühlt werden. Es müsste also hier eine nicht empfundene Reizung von Rückenmarksnerven bestehen. Die in neuerer und neuester Zeit so vielfach geübten Ovariectomien haben in dieser Beziehung ein viel unzweideutigeres schätzbares Material geliefert.

Wenn, um nur eines Falles zu gedenken, ein seit langer Zeit allen Mitteln trotztender sehr lästiger Larynxhusten bei einer sogen.

hysterischen Frau, bei welcher keine schmerzhaften oder lästigen Symptome im Abdomen bestehen (wenn nicht absichtlich erzeugter Druck hinzutritt) nach Exstirpation eines Ovariums plötzlich aufhört, so bleibt die Erklärung noch zweideutig. Die durch die Operation gesetzte lokale Reizung könnte nach Muster der in Herzen's Dissertation beschriebenen und von Andern auch ausserhalb unseres Laboratoriums vielfach bestätigten und variirten Versuche, als hemmender Reiz gewirkt haben. Wenn aber der Husten auch nach völliger Heilung des traumatischen Zustandes, so lange überhaupt beobachtet werden konnte, beschwichtigt war, so ist kein anderer Schluss zulässig, als dass eine nicht bis zum Gefühlsorgan gedrungene, aber centripetal bis zum Rückenmark fortgepflanzte Reizung der Nerven des Ovariums früher den Hustenreflex unterhalten habe. Es gibt also reizbare Nerven, centripetale Nerven, die keine Gefühle zum Bewusstsein bringen, vermuthlich desshalb, weil ihre Bahn nur bis zum verlängerten Marke führt, und sich hier in reflektirenden Apparaten verliert.

Es ist also zu untersuchen, ob nicht ein Theil der nicht empfindlichen Elemente des Rückenmarks dennoch reizbar ist, während die durch Reize erzeugte centripetale Leitung sich in Reflexen verliert, ehe sie zum Grosshirn dringt. Es sind die verschiedenen Organe, in denen sich, ausser in den bisher allein beachteten quergestreiften Muskeln, Reflexe erzeugen können, während der Reizung des Rückenmarks zu beobachten. Bisher ist in dieser Beziehung wenig geschehen. Es existirt aber eine hierher gehörige Beobachtungsreihe von Dittmar (Sächsische Gesellschaft der Wissenschaften. Mathematisch-physikal. Klasse. Jahrg. 1870. p. 18), welche den Effekt der Reizungen unempfindliche Rückenmarksfasern auf den Zustand der Gefässmuskulatur zu erforschen strebt und deren thatsächlichen Inhalt wir vollständig bestätigt haben. In Bezug auf die theoretische und geschichtliche Auffassung können wir aber Dittmar nicht ganz beistimmen. Derselbe beginnt mit der Voraussetzung, dass, weil bei curarisirten Thieren jede noch so leise Reizung der Haut und jede sensible Erregung eines Nervenstammes Zusammenschnürung der kleinen Arterien und somit Erhöhung des arteriellen Blutdrucks bewirke, man auch berechtigt sei, aus dem Auftreten einer Erhöhung des Blutdrucks bei Reizung eines Nervenstückes, dessen centrifugale Leitung verhindert sei, auf eine sensible Eigenschaft desselben zu schliessen. Dieser

Schluss ist falsch. Wenn wir nicht dem Ausdruck sensibel eine bisher unerhörte Gewalt anthun wollen, so liefern gerade die Versuche von Dittmar den Beweis, dass die Reizung gefühlloser Theile reflektorisch eine Erhöhung des Blutdrucks bewirken kann. Denn die hier in Frage kommenden Rückenmarksleiter sind durch unsere Versuche bei Hunden und Kaninchen (und an den letzteren hat Dittmar experimentirt) an den von Letzterem gewählten Markstellen als gefühllos anerkannt. Der Schluss — wenn es einer ist — wäre gerade so gültig wie der, welcher aus der Beobachtung, dass vermehrter Lichteintritt ins normale Auge eine Verengerung der Pupille erzeugt, entnehmen wollte, dass, wo eine Nervenerregung die Pupille verengt, sie die Lichtempfindlichkeit des Auges erhöht habe. Jeder sensible Reiz hingegen, der nicht direkt auf's Auge oder die Pupillenerweiterer wirkt, erzeugt eine Erweiterung der Pupille (Westphal). Ist etwa daraus zu schliessen, dass jede Pupillenerweiterung nach lokalisirter Reizung des Rückenmarkes eine Empfindung bedeute? Wenn der Ort, wo die sensible Reizung auf ihrem Weg zum Gehirn die Gefässverengerung erzeugt, wirklich und immer das verlängerte Mark wäre, wie Dittmar annimmt, darf man daraus schliessen, dass jede Reizung, die auf diese Weise bis zur oblongata geht, auch bis zum Gehirn fortgepflanzt wird, insofern letzteres noch normal mit dem Mark zusammenhängt? Ich glaube jeder Unbefangene wird diese Fragen verneinen, aber Dittmar sagt (l. c. p. 21):

„So wäre denn in der durch sie erzeugten Steigerung des Blutdrucks und der Aenderung der Pulsfolge ein Reagens gefunden, welches die bisher gebrauchten, wie namentlich Schmerzensäuerungen, Fluchtversuche und dergl. an Sicherheit und Genauigkeit weit hinter sich zurücklässt, und schätzungsweise den Grad der sensibeln Erregung von der schwächsten bis zur stärksten in Zahlen auszudrücken gestattet.“

Allerdings fährt Dittmar fort: „Dabei ist es nicht einmal nothwendig, dass das Thier selbst eine wirkliche Empfindung habe (vergl. unter anderem weiter unten pag. 28). Es sind eben diese und der in der Medulla oblongata zu Stande kommende Reflex auf den Gefässnerven einfach Schwesterfolgen vom sensibeln Reize.“

Aber Seite 28 ist nur davon die Rede, dass, woran wir nie gezweifelt, die beschriebenen Erscheinungen vermehrten Blutdrucks

bei Reizungen auch dann zu Stande kommen, wenn das Gehirn künstlich abgetrennt ist. Es ist nicht gesagt, dass die Erhöhung des Drucks auch einer Reizung folgen kann, die sich im sonst normalen Zustand nicht bis zum Gehirn verbreitet, also keine Sensibilität angeregt hatte. Offenbar ist vielmehr, dass der Autor alle seine erfolgreichen Reizungen für wirklich sensible hält und in diesem Sinne wurde seine Arbeit auch von manchen anderen Schriftstellern gedeutet, die in Dittmar's Ergebnissen einen Widerspruch gegen die Lehre von der Unempfindlichkeit des Seitenstrangs zu erkennen glaubten.

Hatte Dittmar nicht gewährt, immer auf sensible Fasern eingewirkt zu haben, welchen Sinn hätte es dann, wenn er sich freut, ein Reagens zu besitzen, welches die bisher gebrauchten Erkennungsmittel der sensibeln Erregung, wie Schmerzäußerungen u. s. w. an Genauigkeit und Sicherheit weit hinter sich zurücklässt. Wie wir jetzt wissen, müssen diese anderen vom Verfasser so verächtlich behandelten Erkennungsmittel erst hinzutreten, damit man überhaupt erfahre, ob die Aenderung des Blutdrucks Empfindung bedeute oder nicht? Und wo dieses Hinzutreten unmöglich wird, wie in der Curarevergiftung, ist es bis heute für die competentesten Forscher in diesem Gebiete eine noch unge löste Frage, ob das Steigen der Manometersäule wirkliche cerebrale Empfindung anzeige oder nur eine erregte Reflexbewegung. Dittmar's triumphirende Sprache erinnert mich an einen Schriftsteller, der vor einigen Jahren die nicht gerade überraschende Anzeige veröffentlichte, dass er sich jetzt zu seinen Forschungen eines überaus empfindlichen Thermometers bedienen könne, der die kleinsten Schwankungen zu erkennen erlaube. Der einzige Uebelstand sei nur, dass man stets einen gewöhnlichen Thermometer mit benutzen müsse, um zu erkennen, was die Erhebung des anderen bedeute.

Und doch war die Sache nicht so übel, wie sie den Anschein hatte. Der angeblich neue Thermometer war wenigstens ein sehr guter, freilich längst bekannter, Differenzialthermometer, der zur Erkennung des Sinnes mancher Schwankungen äusserst nützlich war, und die Thermogalvanometer manchmal ersetzen konnte. Ist es vielleicht auch so mit dem neuen Aesthesiometer? Kann er wirklich den Grad der Erregung in Zahlen ausdrücken und genau unterscheiden, wenn er auch in Bezug auf die Art der

Erregung, auf die Frage nach dem Vorhandensein der sensibeln Erregung, als für sich allein inkompetent betrachtet werden muss?

Man sieht, Dittmar glaubte es und Manche glaubten es nach ihm. Wir werden diese Frage bald prüfen.

Zunächst aber darf ich zu erwähnen nicht unterlassen, dass unserem Verfasser zuletzt doch einige Zweifel gegen seine exclusive Ansicht aufstiegen. Am Ende der uns hier berührenden Arbeit (pag. 29) sagt er:

„Will man diese Fasern nicht als sensible in engerem Wortsinne betrachten, so muss man sie jedenfalls als ein Analogon derselben, etwa als sogenannte excitomotorische, ansehen. Wägt man die Gründe ab, welche für die eine oder die andere Unterstellung sprechen, so scheint es mir, als ob sich die Annahme sensibler Fasern wenigstens nicht widerlegen lasse. Dazu kommt, dass die Erscheinungen, welche innerhalb der Gefäßmuskulatur vom Rückenmark aus hervorgerufen werden können, so vollständig denjenigen gleichen, welche durch die Erregung ausgesprochen sensibler Nerven vernachlässigt werden, dass kein Verdacht entstehen kann, als ob in beiden Fällen zwei wesentlich verschiedene Sorten von Nerven der Ausgangspunkt jener Erscheinungen gewesen wären. Es hiesse eine durch nichts gerechtfertigte Complication in die Erklärung einführen, wenn man ein besonderes excitomotorisches System annehmen wollte.“

Prüfen wir diese Sätze. Es sind wesentlich zwei. Zunächst die Behauptung, dass sich die Annahme sensibler Nerven nicht widerlegen lasse. Hier ist eine *petitio principii* verborgen. Entweder nimmt man an, dass es sensible Nerven gebe, deren elektrische mechanische und chemische Erregung bei sonst wohl erhaltener und sogar theilweise gesteigerter Sensibilität sich durch keines der Symptome verrathen könne, die uns gewöhnlich als Merkmale der erregten Sensibilität gelten, und dass allein jenes Symptom, dessen Werth hier gerade in Frage gestellt wird, Beweiskraft besitze, dann hat Dittmar Recht, dass sich die Annahme sensibler Nerven hier nicht widerlegen lasse. Dann ist aber auch diese ganze Periode in der Schrift des geehrten Verfassers überflüssig. Oder man nimmt an, sensible Nerven sind solche, deren Reizung vom Subjekt empfunden wird, dann lässt sich hier die Annahme sensibler Nerven durch jeden Versuch am nicht curarisirten Thiere ad absurdum führen, wenn man nicht gleichzeitig nach einer jetzt

geläufigen Formel hinzusetzt, dass Empfindung entstehe, aber die Reaktion gleichzeitig durch die Reizung gehemmt werde, dann aber hätte Dittmar erst volles Recht zu sagen „dies hiesse eine durch nichts gerechtfertigte Complication in die Erklärung einführen“. Die Idee der excitomotorischen Nerven billigen wir also vollkommen, aber der Name, der früher für motorische Nerven erfunden wurde, passt nicht recht für centripetal wirkende Elemente. Sollte es sich wirklich bewähren, dass, wie schon Dittmar annimmt, die centrale graue Substanz nicht auf den Blutdruck wirkt, wenn sie wirksam gereizt wird, — und unsere Versuche stimmen hier vorläufig mit den seinen überein — so wäre eine reizbare und eine nicht reizbare gefühlsleitende Substanz zu unterscheiden. Es wird aber räthlich sein, mit der Aufstellung eines technischen Terminus zu warten, bis dieser Unterschied sich bestätigt hat. Denn vorläufig sind die Versuche ungefähr wie diejenigen von Dittmar, also nicht in der Weise angestellt, dass die geprüfte graue Substanz schon dem verderblichen Einfluss des Traumatismus und der Hämorrhagie entzogen gewesen wäre.

Die andere Beobachtung ist die, dass die Erregung der ausgesprochen sensibeln Nerven und die der unausgesprochen sensibeln sich in Bezug auf ihren Einfluss auf die Erhöhung des Blutdrucks vollständig gleichen. Um diesen Ausspruch zu prüfen, darf man doch nur Reizung der abgelösten Hinterstränge mit der Reizung des übrigen ästhesodischen Markfragmentes vergleichen, und in dieser Beziehung stimmen meine Resultate besser mit den Versuchen als mit den Folgerungen Dittmars überein. Dittmar sagt nämlich pag. 28, dass in den zwei Versuchen, in denen er die Hinterstränge reizte, die durch sie erzeugten Drucksteigerungen relativ kleiner waren, als die vom übrigen Mark aus erzeugten. Ich fand bei Hunden, denen das verlängerte Mark vom Ende des Pons abgetrennt war, dass die Reizung der Hinterstränge den Blutdruck schneller und höher emportrieb als die eben so lange Reizung des übrigen Markes durch queres Durchströmen bei derselben Schlittenstellung des Induktoriums.

Wenn der Leser auf pag. 43 oder 48 von Dittmars Abhandlung seine wenigen Versuche mit Reizung der Hinterstränge mit den in denselben Versuchen vorgenommenen Reizungen der ästhesodischen Theile vergleichen will, so wird er die Ueberein-

stimmung mit meinen Resultaten, trotz der später zu erwähnenden Differenz in der Versuchsmethode, nicht verkennen.

Aber noch eine andere vielleicht viel wichtigere Verschiedenheit zeigt sich zwischen den beiden hier zu vergleichenden Arten der Blutdruckerhöhung. Wir müssen hier etwas weiter ausholen und uns zunächst fragen:

Welches Centrum bewirkt den Reflex auf die verengernden Gefässnerven? Auf der Grundlage systematischer Lähmungsversuche an einer Hälfte des Körpers war ich in meinen „Untersuchungen zur Physiologie des Nervensystems“ (p. 198) 1854 zu dem Resultate gelangt, dass im verlängerten Mark das oberste Centrum liege, in welchem alle Gefässnerven (ich zog damals nur die verengernden in Betracht, hatte aber auch, wie man am Ende der Arbeit sieht, die erweiternden nicht aus dem Auge verloren) vereinigt seien, und durch das man reflektorisch oder paralysirend auf alle gleichzeitig einwirken könne. Hingegen konnte ich nicht in Abrede stellen, habe im Gegentheil stets daran fest gehalten, dass jeder einzelne Rückenmarksabschnitt auch selbstständig und selbst nach Abtrennung des verlängerten Markes reflektorisch und in tonischem Reflex noch auf die in seiner Höhe und weiter unten (peripherisch) entspringenden Gefässnerven einwirke<sup>1)</sup>. Der tonische Reflex glaubte ich damals würde nach Abtrennung vom verlängerten Marke geschwächt, und später überzeugte ich mich, dass auch diese Schwächung längere Zeit nach der Marktrennung wieder abnimmt, ohne je ganz zu schwinden.

Etwa ein Jahrzehnt später glaubten zwei andere Schriftsteller in einer gemeinsamen Arbeit auf Grund selbstständiger (aber wie wir sehen werden missverstandener) Reizversuche auf dieselbe Ansicht gekommen zu sein, dass im verlängerten Mark das Centrum der Gefässnerven liege. Die Arbeit dieser Autoren, die heute in allen ihren Einzelheiten allerdings nur der Geschichte angehört, wirkte damals auf das „medizinische Publikum“ als ein sehr heil-

---

1) Bei Vulpian (Leçons sur les nerfs vasodilat. edit. de Carville) findet sich die ganz grundlose und jeder Veranlassung entbehrende Angabe, dass ich später meine Ansicht von einer „selbstständigen“ vasomotorischen Thätigkeit des Rückenmarks wieder zurückgenommen. Ich habe im Gegentheil mich in derselben immer mehr und mehr bestärkt. Ueber die spätere Literatur vgl. Kabierske, Dies. Archiv, Bd. XIV und Luchsinger, Dies. Archiv, Bd. XVI.

sames Ferment, dessen Wohlthat auch an manchen Professoren der Physiologie nicht ganz spurlos vorüber gegangen sein mag. Die Gefässnerven, die man vorher in manchem „physiologischen Institut“ kaum dem Namen nach kannte, wurden durch dasselbe in Deutschland populär. Aber, ich weiss nicht wie es kam, dass sich in Folge dessen in manchen Schulen die in jenem Schriftchen, so viel ich mich dessen erinnere, gar nicht ausdrücklich ausgesprochene Ansicht einnistete, dass mit Mangel des verlängerten Marks jeder Reflex auf die Gefässnerven aufgehört habe.

Unter den Einfluss dieser, von ihm als unbezweifelbar betrachteten Ansicht, schrieb Dittmar die Arbeit, welche uns hier beschäftigt, und er denkt nicht im Entferntesten daran, dass jene Annahme eines Beweises bedürfe. Es wäre ja so leicht gewesen, einmal vor seiner Präparation des Rückenmarks das verlängerte Mark abzutrennen und dann seine Reizversuche und manometrischen Beobachtungen vorzunehmen. Er hätte dann den Vortheil gehabt, den armen paralysirten Kaninchen den Schmerz der elektrischen Reizung und sich selbst vielleicht einen fatalen Irrthum zu ersparen.

Ich habe nun diese in Dittmars Arbeit fehlenden Versuche in reichlicher Anzahl angestellt, indem ich zwei Modifikationen einführte. Dem kurarisirten Thiere (Hund, Katze, auch einige Kaninchen) wurde als Anästheticum jedesmal rasch die quere Trennung des Gehirns vom Rückenmarke, je nach Bedarf des Versuches entweder oberhalb oder unterhalb des verlängerten Markes oder an beiden Stellen successive vorgenommen. Die Ansicht Bezolds, dass der Reflex im Hirn geschehe und also durch dessen Abtrennung vernichtet werde, musste schon zur Zeit ihrer ersten Publikation als unhaltbar verworfen werden, weil der Reflex von den Hintersträngen des Marks und von den Nervenwurzeln auf die Blutgefässe doch bekanntlich auch ohne verlängertes Mark noch möglich und leicht demonstrirbar ist. Später hat Dittmar gezeigt, dass die wahrscheinliche Ursache von Bezolds Irrthum der bei seiner Operationsweise unvermeidliche Bluterguss ist, der sich bis in die Markhöhle verbreitet. Diesen Bluterguss suchte ich zu vermeiden oder zu beschränken, indem ich die Atlanto-occipitalgegend in möglichster Höhe (aber mit nicht zu breiter Oeffnung) bloßlegte, so dass sich das Blut nach aussen ergiessen konnte, und indem ich mir zur Abtrennung mehr quetschender als schneidender Instrumente bediente.



Dann wurde das Rückenmark in der obern oder unteren Dorsalgegend eine Strecke weit bloßgelegt. Die Dura wurde der Länge nach einem Seitenstrang (und nicht in der Mitte) entsprechend eingeschnitten, an den Enden des Längsschnitts Querschnitte gemacht und dann nach Trennung der Nervenwurzeln die Dura möglichst entfernt. Ist das entblösste Markstück lang genug und sind wie gewöhnlich die Wurzeln innerhalb der Dura durchtrennt, dann ist die Entfernung der letzteren ganz unwesentlich, denn sie wird bis gegen die Wundwinkel zu unempfindlich und die sie treffenden Stromschleifen stören den Erfolg der Reizungen nicht.

Ich durfte im Gegensatz zu Dittmar auch die obere Dorsalgegend für meine Versuche wählen, weil ich das Mark nicht, wie er, unterhalb der entblössten Stelle quer durchschnitt, ich daher nicht zu fürchten brauchte bei höher am Mark vorgenommenem Versuch zu viele Gefässnerven zu entfernen und hierdurch den sichtbaren Erfolg der Reizung zu verringern. Dittmar durchschneidet das Mark unterhalb der Versuchsstelle, um bei der Reizung eine direkte Erregung der nach unten ziehenden Gefässnerven zu vermeiden. Ihre direkte „Reizbarkeit“ meint Dittmar (l. c. p. 22) wird seit den Untersuchungen „von Ludwig und Thiry von Niemanden bezweifelt“. Ich habe hingegen schon bei früherer Gelegenheit die Gründe angegeben, weshalb ich sie nicht nur bezweifle, sondern sie bestimmt läugne. Natürlich unbeschadet der von diesen Autoren gesehenen Thatsachen, die eben gar nichts für die Reizbarkeit beweisen können, wenn man nicht schon im Voraus von dem oben gerügten ganz grundlosen Vorurtheil eingenommen ist, dass Reflexe auf die Gefässnerven nur im verlängerten Mark stattfinden.

Es wird nun das bloßgelegte Mark in zwei Längsstreifen getrennt, von denen der eine am hintern Ende abgelöste und auf eine Gummiplatte gelegte entweder wie bei Dittmar die hintere Hälfte des Marks oder besser nur die nach meiner Methode abgetrennten Hinterstränge enthält. Die Carotis mit dem Manometer oder dem Marey'schen Sphygmoscope (meist diente letzteres, da es galt rasche Schwankungen leicht zu erkennen) verbunden. Schon vorher war regelmässige künstliche Athmung eingeleitet worden, auch in den Fällen, in welchen die spontane noch mehr oder weniger energisch vorhanden war.

Die Hinterstränge durften aus bereits bekannten Gründen nicht

allzufern von der obern Vereinigung mit dem unverletzten Marke und mussten öfter zum Vergleich mit den ästhesodischen Fasern mit nicht sehr schwachen Strömen gereizt werden. Die Reizung geschah mit dem hämmernden Stromwender oder, der Bequemlichkeit wegen, oft mit dem Induktionsschlitten. Gerne hätte ich einen Anzeiger für Stromschleifen gehabt. Es wurde zwar nicht versäumt, die Froschpolizei an ihnen Posten zu stellen, aber — den meridionalen Fröschen ist nicht recht zu trauen. Sie sind anfangs oft recht empfindlich, aber der Nerv verändert sich mit ärgerlicher Geschwindigkeit. Alleiniges Aufsetzen des obersten Pols bei wechselnder Stromesrichtung zeigte bei allerdings absichtlich zu stark genommenem Strome, manchmal die stattfindenden unipolaren Wirkungen an, aber gegen Stromschleifen sichert mehr als alle Polizei den Erfolg des Versuches selbst, wenn von den dicken Vordersträngen, welche doch bei gleicher Distanz Stromschleifen noch mehr begünstigen müssen, der gleiche Strom bedeutend ja unendlich geringere Wirkungen hervorruft, als von den Hintersträngen. Vielleicht mache ich mir hier ganz unnütze oder wenigstens ganz unzeitgemässe Bedenken und Skrupel. Denn neulich bin ich von einem der modernsten Commis voyageurs der exaktesten Physiologie, wie sie ein hohes Ministerium der Volksaufklärung jährlich zu Dutzenden in die Welt schickt, und der eben aus Deutschland kam, wo er bei einer wissenschaftlichen Arbeit als Pathe gestanden, belehrt worden, dass Stromschleifen, unipolare, paradoxe Erregung und wie die Gespenster alle heissen mögen, die einstens dem frisch eröffneten Schachte der Elektrophysiologie entstiegen, wohl theoretisch hohe Berechtigung haben, dass sie aber vom modernen praktischen Standpunkte keine übermässige Berücksichtigung verdienen, weil sonst die Physiologie des Gebrauchs gewisser unterirdischer Elektroden verlustig gehe, ohne welche sie keinen Schritt vorwärts thun könne. — O sancta simplicitas! Ich meine meine.

So lang die Beschreibung der Vorbereitung des Versuches, — man sieht, es war mancherlei dabei zu sagen — so kurz das Wesentliche seines Resultates. Von den sensibeln Wurzeln, von den Hintersträngen aus erzeugt die Reizung reflektorische Druckerhöhung mit und ohne die Medulla oblongata. Ohne sie wird der Erfolg oft sichtbar gemindert, aber er bleibt, wenigstens von den Hintersträngen selbst. Manchmal mag die Minderung vorhanden sein, aber sie ist, besonders wenn das Cervikalmark ge-

reizt wird, nicht zu erkennen, da der Erfolg noch stets einem maximalen sich nähert.

Anders bei Reizung der von den Hintersträngen entblösten ästhesodischen Substanz. Wenn die medulla oblongata abgetrennt ist, war stets die vorher so deutliche Blutdruckerhöhung spurlos verschwunden. Dieses Verschwinden konnte nicht als eine relative Verminderung eines vorher schon schwächeren Effektes gedeutet werden, denn meine Curven zeigen, dass oft vor Abtrennung des verlängerten Markes der Effekt stark, so stark und stärker war, als in einigen anderen Fällen bei Reizung der Hinterstränge, und doch widerstand nur die letztere dem darauf angelegten Querschnitt im Cervikalmark.

Dies wäre also ein Unterschied!

Und doch indem ich dies niederschreibe, warnt mich etwas . . . . Man hat so oft die Behauptung gehört, dass diese oder jene Thätigkeit nach Abtragung des verlängerten Markes ganz verschwunden sei und eine weitere wiederholtere genauere Untersuchung hat gezeigt, dass das Rückenmark für sich doch noch, wenigstens fragmentarisch, die fragliche Wirkung anregen könne. Dürfte ich mich nicht hier in ähnlichem Falle befinden? Könnte mir nicht demnach eine Spur entgangen sein, um so eher als es sich bei Erregung der Gefässnerven immer mehr oder weniger um ein Compromiss zwischen zwei sich einander entgegenstehenden Wirkungen handelt, die von den gleichzeitig angeregten erweiternden und verengenden Nerven ausgehen. Ein Compromiss, bei dem die verengenden zwar gewöhnlich, aber nicht stets und nicht immer auf die Dauer eine gewisse Uebermacht bewahren. Wie dieser gegenseitige Wettkampf die Form des Resultates manchmal sonderbar umgestaltet, ohne es in seiner wesentlichen Bedeutung zu ändern, davon werde ich ein anderes Mal zu berichten haben. Würde ich nicht besser thun, ehe ich den eben erzählten Erfolg meiner Versuche verallgemeinere, denselben lieber einfach als Thatsache referirend hinzustellen, um zu warten, ob nicht bald ein neues abweichendes Resultat die Bedeutung aller früheren verändern dürfte. Vielleicht wäre diese Vorsicht anzurathen. Und doch, wenn ich wieder bedenke, wie oft mich diese Skrupel zur Erneuerung der Versuche getrieben, wie ich jedesmal, wenigstens von den hinteren Strängen aus ohne Ausnahme, das erwähnte Ergebniss erhielt, selbst wenn manchmal bald nach Abtrennung

des verlängerten Markes die empfindenden Nerven zu versagen schienen, und dann von dem Markreste nichts, und wenn ich auch mehr und mehr den Strom steigerte, nichts, nichts, endlich in dem Momente, wo ich eine Spur von Wirkung auf den Blutdruck bemerkt zu haben glaubte, erschienen deutliche Zeichen von Stromschleifen in den Muskeln an der obern Grenze der Markwunde und selbst der toskanische Frosch winkte langsam mit den trägen Fingern oder entfaltete zwischen den mühesam sich spreitzenden Zehen die Schwimnhaut, wie zum Schirm gegen den hereinbrechenden Strom; wenn ich mir diese oft erlebten Scenen wieder alle in die Erinnerung rufe, dann kann ich nicht zweifeln hier den Unterschied richtig erfasst zu haben, der meinem Vorgänger vielleicht nur darum entgangen war, weil er es für nutzlos gehalten, denselben zu suchen.

### Das Millimetermass des Schmerzes.

Es bleibt uns bei dieser Gelegenheit noch die „geistreiche“ Idee zu erörtern, dass man an dem Grad und der Schnelligkeit der Erhebung der Quecksilbersäule nach Reizungen peripherer Theile vielleicht ein Maass der Empfindung besitze.

Als ich mich zum ersten Male (*Imparziale* 1874. Vol. XIV. pag. 3) gegen eine solche Verwendung des Manometers aussprach, stützte ich mich besonders auf die Vielheit der Punkte im Centralnervensystem, die den Reflex eines sensiblen Reizes auf die Gefässnerven zu Stande bringen, um zu zeigen, dass eine enge Verbindung zwischen dem Grad der Erregung der Gefässnerven und dem Theil der zum Hirn gelangten Erregung, die sich in Empfindung verwandelt, nicht immer angenommen werden kann. Selbst bei Verletzungen des Marks kann man nicht, wie Miescher will, aus einem einfachen Aufsteigen der Blutsäule beweisen, dass die Erregung durch die Verletzungsstelle hindurchdringen konnte, weil doch auch das Mark für sich und einzelne Theile desselben (lehrreich sind Grünhagen's neue Versuche am Frosch), diese Reflexe mehr oder weniger stark bewirken können. Selbst wenn man nach den ersten Versuchen die Medulla oblongata abtrennt, und dann bei Wiederholung der Reizung jede Wirkung vermisst,

sind diese Versuche nicht zuverlässig. Das Abtrennen eines Theils des Marks könnte ja momentan das Reflexvermögen des erhaltenen Restes sehr herabdrücken.

Wenn unter solchen Verhältnissen nach Reizung verschiedener Körperstellen oder Körperseiten die Quecksilbersäule sich nicht gleich hoch erhebt, so ist es nicht erlaubt, ohne weitere Controlle zu schliessen, dass von der Seite, welche der stärkeren Erhebung entspricht, das Gefühl besser durch die Markwunde geleitet werde (wenn auch diese Deutung in vielen Fällen aus esoterischen Gründen das Richtige trifft), weil, wenn der Hauptreflex peripherisch von der Markwunde zu Stande kommt, gerade diejenige Erregung, deren Fortpflanzung durch die Wunde hindurch das grösste Hinderniss findet, diesseits derselben die stärkere Reflexbewegung erregen muss.

Die Erhebung der Quecksilbersäule nach starker, bis zu den Centren der Empfindung vorgedrungener Reizung setzt sich zusammen aus den Gefässreflexen in folgenden Theilen a) dem Rückenmark, und diese Reflexe können nach partiellen Rückenmarkswunden für gewisse Marktheile successiv herabgesetzt und erhöht werden. Das Rückenmark ist als eine Kette untergeordneter Centren für die meisten Gefässprovinzen zu betrachten. b) Dem verlängerten Mark. Er wird hier selbstständig mehr oder weniger eintreten nicht sowohl nach der Stärke der Reize, sondern je nachdem eine Reizung mehr oder weniger auf solche erregbare oder leitende Bahnen einwirkt, wie sie bei den Dittmar'schen Versuchen in Thätigkeit traten. c) Dem Hirn. Erregungen die sich zum Hirn fortpflanzen, können vielleicht schon beim Durchtritt durch die Medulla spinalis und besonders die Oblongata eine Zweigerregung bewirken. Ich sage vielleicht, denn wer könnte Erregungen experimentell hervorrufen, von denen es sicher ist, dass sie nur zum Hirn gehen, und nicht von solchen begleitet sind, die ihrer Natur oder der Lokalität ihrer Leiter nach in den untern Marktheilen, in der Oblongata, verbleiben müssen? Die einfachen Tastempfindungen gehören allerdings hierher. Sie gehen direkt auf bestimmten Bahnen durch die Hinterstränge des Marks bis zu den sogen. „motorischen“ Centren des Vorderhirns. Sie erregen allerdings auf ihrem Wege zum Hirn keine Gefäss- und auch kaum andere Reflexe, so lange wenigstens ihre Fortpflanzung zum und im Hirn nicht erschwert, nicht gehindert ist.

(Curare und Strychnin mögen in diesem Sinne hindernd wirken?) Aber diese Empfindungen sind einerseits zu schwach, andererseits zu sehr an ganz isolirte Bahnen gebunden, als dass ihr Verhalten zu einem Schluss auf andere sich zum Hirn fortpflanzende Eindrücke berechtigen könnte.

Sicher ist eine andere Art der Wirkung der sensiblen Hirnerregung auf die Gefässcentren. Die Rückwirkung einer Hirnerregung, nenne man sie psychisch, nenne man sie sensibel, auf die Gefässnerven. Diese Rückwirkung entsteht erst, wenn die Empfindung schon zu Stande gekommen ist. Setzt sich die Druckerhebung aus der kombinierten Wirkung dieser Reflexe zusammen, so ist es klar, dass sie bei einer Erregung, die wirklich Empfindung erzeugt, nicht mit der Stärke dieser Empfindung steigen oder abnehmen muss, denn bei einer Natur der Erregung, die nur schwache Empfindung bedingt, können die andern Komponenten, die Reflexe in den nicht eigentlich empfindenden Centren, mehr oder weniger starke sein <sup>1)</sup>.

Das Steigen der Manometersäule ist also kein Maass für die Empfindung. Dies stimmt mit der Erfahrung überein, und darüber ist man wohl jetzt so ziemlich einverstanden. Es handelte sich nur noch darum, bestimmt auszusprechen, dass das Steigen auch dann kein Maass ist, wenn die Reizung bestimmt Empfindung hervorruft und die Thiere nicht betäubt sind.

Ist aber das Steigen wenigstens als ein Maass für die centripetal gerichtete Erregung, oder für die Summe der centripetalen Erregungen anzusehen? Dies wäre der Fall:

a) Wenn alle centripetalen Erregungen im Stande wären einen gleichen aliquoten Theil ihrer Wirkung in Reflexe auf die Gefässe umzuwandeln, oder wenn auch nur annähernd eine stärkere Erregung, abgesehen von ihrer Natur und ihrer Entstehungsart, immer die Gefässnerven stärker erregte. Dies war früher schon sehr zweifelhaft, jetzt ist durch die Untersuchungen von Heidenhain und Grützner (dieses Arch. XVI. pag. 55) das Gegentheil erwiesen. Ich konnte ihre Beobachtungen sogar an curarisirten und dann

---

1) Dieses Raisonement setzt allerdings voraus, dass das Rückenmark im physiologischen Zustand ein reflektirendes Organ ist. Ich verhehle mir nicht, dass dieses noch nicht mit aller wünschenswerthen Schärfe bewiesen ist.

strychnisirten Hunden bestätigen, denen freilich als Anästhetikum die Abtrennung des Grosshirns vom verlängerten Marke gemacht war. Ich habe mich, nebenbei bemerkt, bei dieser Gelegenheit versichert, dass Cauterisirung ganzer Hautlappen, also mit den in ihnen enthaltenen Nerven, den Druck in den Arterien unverändert lassen kann, während Cauterisirung der zu diesen Hautlappen gehenden und ausschliesslich für sie bestimmten Nerven den Druck veränderte und gewöhnlich erhöhte. Dies spricht entschieden gegen die Annahme, dass die schmerzenden und die pressorischen Nervenfasern verschiedene seien. Die Verschiedenheit kann auch nicht unmittelbar im Ort der Erregung liegen, denn die Reizung der Haut wirkt ja nur, indem sie durch den Nerven hindurchgeht, wirkt also als Reizung des Nerven. Die Verschiedenheit muss also in der (durch den Ort in diesem Falle vermittelten) ungleichen Art der Erregung liegen. Ich bemerke noch, dass als ich mich bemühte, diese Versuche der leichteren Demonstration wegen an Fröschen zu wiederholen, mir dieselben nicht gelangen. Wo bei Cauterisirung der Hautlappen wirkungslos war, verhielt sich der dünne Nerv ebenso. Ich habe theils chemisch, theils thermisch cauterisirt.

b) Auch bei denselben Reizen von analogen Stellen, die wirklich stets auf die Gefässnerven reflektirt werden, ist das Steigen des Manometers nicht der Intensität der centripetalen Leitung nothwendigerweise auch nur annähernd gleichlaufend. Dies wäre der Fall, wenn das Steigen — unter den angegebenen Bedingungen — wirklich, wie wir bis jetzt angenommen, eine einfache arithmetische Summe der Wirkungen der verschiedenen Gefässerregungen wäre. Es ist aber selbst in diesen günstigsten Fällen keine arithmetische, sondern eine algebraische Summe zweier entgegengesetzter Wirkungen, die sich je nach äusseren Bedingungen, je nach der sogenannten Individualität des Versuchsobjects, in jedem der Reflexcentra in sehr verschiedener Weise kombiniren können. Es werden nämlich gefässerweiternde und gefässerengende Centra zugleich in Thätigkeit versetzt und von dem Grade des Ueberwiegens der verengenden Wirkung (ein Grad der manchmal negativ sein kann) hängt die beobachtete Erhebung der Manometersäule ab. Dieser Grad des Ueberwiegens bleibt sogar nicht in jedem Moment der nämlichen, auch nicht sehr lange fortgesetzten, Reizung der gleiche, so dass die Quecksilbersäule zuerst

steigt, dann fällt (auch unter dem Mitteldruck vor der Reizung), dann abwechselnd steigt und fällt. Oder die Reizung erzeugt erst ein kurzes Fallen und dann ein Steigen. Dieser letztere Fall war zufällig gerade in den ersten Versuchen verwirklicht, die über das Verhalten der Empfindung zum Blutdruck überhaupt angestellt wurden. Damals waren aber die Vagi nicht durchschnitten. Später habe ich es bei durchschnittenen Vagis noch oft gefunden. Oder es zeigt sich ein Steigen und dann bei fortdauernder, selbst noch verstärkter Reizung ein definitives Fallen, von dem die Rückkehr nur nach Aufhören des Reizes statt findet. Endlich kann als seltenste Beobachtung nur eine Druckabnahme erscheinen. Diese sah ich mitunter sogar dann nicht in ein Steigen umschlagen, wenn ich die Hinterstränge des Rückenmarks selbst reizte.

Alles dieses zeigt, dass bei reflectorischer Reizung der Gefässnerven sich Gefässerweiterung mit Gefässverengung kombiniren kann, wenn die Vagi durchschnitten (am Halse) und die Thiere bis zur Anästhesie ätherisirt sind, während andere, mitunter viel stärker anästhesirt, das beschriebene Sinken vermissen lassen. Wir werden sogleich zeigen, dass die Anästhesie (bei leichter Curarisirung) nicht die Ursache dieses Verhaltens ist. Dass sich die beiden Wirkungen auf die Gefässe bei Reizung kombiniren können, genügt schon unseren Beweis zu führen, dass sich der Reflex nicht immer in der Höhe der Erhebung des Manometers spiegelt. Wenn ich meine Beobachtungen ausführlicher zu besprechen Gelegenheit finde, wird der Leser beurtheilen können, mit welchem Rechte ich schliesse, dass sich die beiden Richtungen des Reflexes immer oder in der Regel kombiniren, wenn man auch als Gesamtergebnis nur einfach Druckvermehrung beobachtet. Meine Beobachtungen an der vorderen oder hinteren Extremität geben kurz gesagt mit dem Pletsymographen das wieder, was schon Ostroumoff (dieses Arch. Bd. XII), mit dem Thermometer beobachtet hat. Doch ergeben mir meine Versuche einige vielleicht nebensächliche Abweichungen. Deren bezeichne ich vier:

1) Brauche ich weder zur Erklärung meiner, noch der Versuche von Ostroumoff, die von ihm angenommenen peripherischen Gefässeentra (l. c. pg. 238).

2) Muss ich die wesentliche Mitbetheiligung der Sacralwurzeln an der Gefässinnervation für die Hinterfüsse auch nach die-



sen Beobachtungen aufrecht erhalten. In diesem Punkt ist auch jetzt Luchsinger auf meine Seite getreten. Ich habe übrigens niemals behauptet, wie Ostroumoff glaubt (l. c. pg. 261), dass die Sacralwurzeln hier allein wirksam seien, und habe schon 1854 und dann wieder 1862 den Gesamttursprung für die Gefässnerven der Hinterfüsse bei Hunden so angegeben, wie er sich jetzt nach den neuesten „Entdeckungen“ herausstellt<sup>1)</sup>.

3) Habe ich auch in einzelnen Fällen von Strychnininjektion (subkutan und in die Gefässe) gesehen, dass sensible Reizung (und sie war stets sehr schwach) das Volum der Extremitäten vermehrte, resp. ihre Hauttemperatur steigerte.

4) Auch für den sog. „Nerv. depressor“ der Katze und des Kaninchens (zu allen anderen Versuchen haben Hunde gedient) konnte mit dem Plethysmographen leicht nachgewiesen werden, dass seine Wirkung nicht die ist; den Tonus des vasomotorischen Centrums einfach herabzusetzen. Er erregt die aktiv erweiternden Nerven bis in die Stämme und zur Peripherie hin. Durchschneidung des Plexus brachialis oder der Nerven vom Plexus sacralis hob lokal seine volumvermehrnde Wirkung auf oder (sacralis) beschränkte sie ausserordentlich. Wenn er nur depressor wäre, konnte seine Reizung nicht mehr für die Extremitäten thun, als völlige Trennung der Gefässnerven. Selbstverständlich ist das Volum der gelähmten Extremitäten vom Augenblick der Gefässlähmung an vergrössert. Wenn man jetzt bald darauf mit zwei Voluminometern die beiden entsprechenden Extremitäten ihre Volumina aufschreiben lässt, so vergrössert sich nach der Depressorreizung das Volum der nicht gelähmten Extremität und bald überragt es das Volum der gelähmten. Zu demselben Resultate

---

1) In einer mir soeben zugekommenen schönen Arbeit von Levasceff in Petersburg werden meine Angaben über die vasomotorische variable Wirkung des N. cruralis und seiner Wurzeln als subjektive bezeichnet. Ich weiss nicht, was in den Anzeigen des Differenzialthermometers oder des Quecksilberthermometers subjektives sein kann. Dass meine Beobachtungen eines objektiven Grundes nicht entbehren, könnte ich, wenn es nöthig wäre, auch dadurch wenigstens wahrscheinlich machen, dass sie mit dem Resultate der fleissigen Messungen von Levasceff übereinstimmende Ergebnisse geliefert haben. Und zwar ist Lewascieff bis jetzt der einzige, der diesen Nerven wieder vorgenommen und mit mir übereinstimmt. Nur fand er vielleicht die Wirkung noch variabler als ich.

gelangt man, wenn man an derselben Extremität den Erfolg der Depressorreizung vor und nach Durchschneidung der Gefässnerven vergleicht. Es genügt, und ist sogar besser, die Extremitäten nur bis zum Knie in den Voluminometer zu bringen. Wer beiläufig gesagt in diesem angeblich neu entdeckten Nerven einen alten Bekannten aus der menschlichen Anatomie begrüßen will, dem rathe ich, denselben beim Eichhörnchen, oder noch besser beim Marmelthier zu präpariren <sup>1)</sup>.

Die einzelnen Abtheilungen der Gefässcentren sind nicht immer gleich disponirt, auf dieselbe Reizung mit Gefässdilatation zu antworten. Dies scheint schon aus einigen Beobachtungen Cyons hervorzugehen, der eine Druckerhöhung, die bei Anwesenheit des Gehirns erzeugt wurde (Reizung des Nerv. ischiad.) nach Entfernung des Gehirns öfters in Druckerniedrigung umschlagen sah. Zu diesen Beobachtungen, die natürlich auf keine ausnahmslose Geltung Anspruch machen können, schienen Kaninchen geeignet zu haben. Ich habe vor Jahren an Hunden mit Rückenmarksverletzung eine Reihe von Versuchen angestellt, an denen sich noch mein verstorbener Freund Franz Boll betheiligte, das Grosshirn war am obern Theil des verl. Marks abgetrennt. Künst-

---

1) Goumoëns hat ihn in seiner Dissertation (Bern 1852) auf der zweiten und dritten Tafel leidlich gut vom Eichhorn abgebildet, aber von den obern Wurzeln ist die eine, und zwar die am leichtesten erkennbare, nicht deutlich hervorgehoben. Als vierzehn Jahre später dieser Nerv für die deutschen Physiologen entdeckt und neu getauft wurde, hat man von demselben eine klare aber mehr schematisch gehaltene Abbildung gegeben, in welcher der Verbindungsast mit dem Sympathicus nicht angegeben ist. Derselbe ist beim Kaninchen freilich oft bis auf einen feinsten Faden reducirt und kann sogar fehlen (?). Stärker ist er beim Hasen, wo ihn E. H. Weber (Anat. compar. Nerv. sympathici, 1817, p. 14) gesehen hat. Desmoulius (in seiner Anatomie des systèmes nerveux des animaux a vertèbres, Paris 1825, Bd. 2, p. 510) sagt von diesem Nerven für die Säugethiere im Allgemeinen, dass er entweder vom oberen Theil des Sympathicus oder von dem Vagus, oder gleichzeitig von beiden entspringe. Während der Redaktion dieser Arbeit sehe ich, dass Adolph Finkelstein in Pest in His und Braunes Archiv, 1880, p. 245 über den sogen. „Nerv. depressor“ in anatomischer Beziehung den ersten vernünftigen Aufsatz geschrieben. Die litterarischen Hilfsquellen scheinen dem Verfasser nicht sehr reichlich geflossen zu sein, sonst hätte er in Betreff der Formen beim Menschen noch manche interessante ältere Variante hinzufügen können.

liche Athmung, Reizung des N. ischiad. erzeugte Drucksteigerung. Das verlängerte Mark wurde dann zermalmt (mit dem Scalpellstiele), der Druck stieg und als er nach variabler Zeit auf seinen früheren Stand zurückgekehrt war, wurde der N. ischiad. abermals und zwar sehr kräftig faradisch gereizt. Von 11 Hunden zeigten jetzt nur 7 eine gleichförmige Drucksteigerung, 5 einen primären Abfall, der bei einigen (3?) dann von einer sekundären schwachen Erhebung gefolgt war. Dass man nach Anwendung von Chloral auch bei Hunden sehr leicht durch reflektorische Reizung Depression des Blutdrucks erhält, habe ich auch damals in der mit Boll unternommenen Versuchsreihe gesehen. Heidenhain hat einmal vermuthet, dass Chloral nur bei Kaninchen in dem angegebenen Sinne wirke.

Dies alles bezieht sich auf sogen. „reflektorische“ Reizung, d. h. auf eine von peripheren Organen ausgehende. Hier hat man schon manchmal sonst Depression gesehen, und dass ich sie öfter sah als viele andere Collegen, beruht wohl zum Theil auf der grösseren Zahl der Versuche, die ich alle an derselben Thierart (Hunde) gemacht und aufgeschrieben, zum Theil auch darauf, dass alle meine Thiere, an denen ich periphere Reizungen machte, auf die eine oder andere Art tief anästhesirt waren. Ich habe nie, wie viele Andere, dergleichen schmerzhafteste Versuche an nur curarisirten Thieren vorgenommen.

Ich muss also zeigen, dass die Anästhesie oder die Art der Anästhesie nicht die Bedingung ist, welche die Depression erzeugte, dass letztere wenigstens nicht immer durch die Anästhesirung bedingt war. In diesem Sinne lege ich Gewicht darauf, dass ich eine Reihe von Beobachtungen besitze, in welchen, mit und ohne vorherige Anwendung kleiner Dosen Strychnins, die Depression des Blutdrucks auch bei sogenannter „direkter“ Reizung der med. oblongata, durch rasche mechanische Zerstörung derselben, mittelst eines nichtschneidenden kantigen aber spitzen Instrumentes eintrat, welches durch Nackenmuskeln und Atlantooecipitalmembran des nicht sehr tief curarisirten Thieres eingebohrt wurde. Ich konnte nach wenigen Minuten denselben Versuch noch einmal mit demselben Erfolge wiederholen, wenn ich dann mit demselben Instrument das Cervikalmark zermalmt. Anästhesirt waren die Thiere zwar nicht, da die eingegebene Prozedur für sich nicht eigentlich schmerzhaft sein kann. Die Empfindung muss schwinden,

ehe der Schmerz Zeit gehabt sich zu entwickeln. Aber die Thiere waren alle  $\frac{3}{4}$  bis  $\frac{5}{4}$  Stunden vorher tief anästhesirt worden und hatten dann zu einigen Versuchen an den Lendennerven gedient. Als sie erwacht oder beinahe erwacht waren, curarisirte man sie und machte die künstliche Athmung, durchschnitt die Vagi vollständig, wo sie noch nicht getrennt waren, und machte dann den eben angegebenen Versuch. In einzelnen Fällen wurde, wenn das verlängerte Mark Depression gegeben (und es ist kaum nöthig hervorzuheben, dass dies nur bei einer geringen Minorität der Hunde dieser Versuchsreihe der Fall war) das zerstörende Instrument herausgezogen und Elektrodennadeln ins Cervikalmark eingebohrt. Die Induktionsreizung ergab dann abermals Depression des Blutdrucks. Es hätte wohl vorkommen können — aber ich habe es nicht gesehen — dass der mechanische und elektrische Reiz verschiedenen Erfolg gegeben hätten.

Ich sagte, dass ich auf diese Versuche nur wegen des Nichtvorhandenseins der Anästhesie Werth lege, denn ich glaube nicht, dass uns die Thatsachen schon berechtigen, von einer direkten Reizung des Gefässnervencentrums in der medulla oblongata zu sprechen. Woher wissen wir denn eigentlich, dass dieses Centrum direkt reizbar ist? Es existirt noch keine einzige bekannte Thatsache, die es beweist. Es könnten, und die Analogie spricht sehr dafür, sensible Elemente im verlängerten Mark angeregt werden, welche die Reizung reflektiren. Man könnte vielleicht die in meinen früheren Versuchen mit Hemisektion des verlängerten Marks eintretende positive Erkaltung der andern Seite als Ausdruck mechanischer Reizung betrachten.

Kehren wir nach dieser langen Abschweifung zu unserem Gegenstande zurück, so dürfte es nach allem nicht mehr zweifelhaft sein, dass die Erhebung der Manometersäule als eine algebraische Summe verschiedenartiger Erregungen der Vasomotoren anzusehen, und darum nicht als ein verlässliches Maass dieser Erregungen zu betrachten ist, dass sie nicht mit diesen steigen und fallen muss. Aber wäre der Manometer auch ein Maass für die Gefässerregung, so wäre er noch kein Maass für die Intensität der gesammten centripetalen Leitung. In der That sagt Miescher, dessen Versuche mittelst des Manometers den Grad der centripetalen Leitung nach Rückenmarksverletzungen bestimmen wollten (Sächsische Gesellschaft d. Wissensch. v. 12. Dez. 1870, p. 412), nachdem er ge-

zeigt zu haben glaubt, dass eine Brücke aus grauer Substanz keine sensible Erregung in seinem Sinne mehr durchlässt. „Schiff z. B., der die Schmerzleitung durch die graue Substanz befürwortet, würde wenigstens zu beweisen haben, dass Schmerzempfindungen vorkommen, denen keine reflektorische Wirkung auf das Gefässsystem zur Seite steht.“

Ich habe diese Herausforderung nicht angenommen, denn es ist mir die Beweisführung so lange nicht zuzuschreiben, als Miescher oder ein anderer nicht in gültiger Weise bewiesen hat, dass die graue Substanz in meinem Sinne, d. h. nach Ueberwindung des traumatischen Zustandes, wirklich keine reflektorisch auf die Gefässe wirkende Reizung gegen das Hirn zu fortpflanzt. Miescher sagt selbst, dass seine Versuche etwa eine halbe Stunde dauerten. Durch Heidenhain's und Grützner's Versuche ist jetzt der von Miescher verlangte Beweis geführt; aber auch ohne ihn kann es nicht mehr zweifelhaft sein, dass die Untersuchung der centripetalen Leitung an curarisirten Thieren mittelst des Manometers höchstens ganz ausnahmsweise und mit ganz besonderen Vorsichtsmaassregeln in Anwendung gezogen werden kann. Bei Prüfung der Leitung in Rückenmarkswunden müsste z. B. dafür gesorgt werden, dass keine Täuschung durch ganz lokale Rückenmarksreflexe unterhalb der Wunde mit unterlaufen. Dies scheint leicht zu geschehen durch Controlversuche, in denen z. B. Durchschneidungen einzelne Bedingungen ändern. Aber kann man von Controlle sprechen, wenn die Bedingungen in der Weise verändert werden, dass das Rückenmark selbst in grösserer Ausdehnung darunter leiden muss.

Wir haben es für unsere Pflicht gehalten, die Gefahren, denen man sich durch Benutzung der eben besprochenen Methode aussetzt, um so schonungsloser darzulegen, je verführerischer diese Methode durch ihre Einfachheit und scheinbare Exactheit erscheinen konnte. Musste ich doch in einem weit verbreiteten Handbuche lesen, dass ein einziger Versuch, in der angeführten Weise angestellt, mehr werth sei, als „a score of other experiments“. Man betrachte es nicht als Selbstüberhebung, wenn ich glaube, dass mit den „other experiments“ besonders auf die meinigen hingewiesen wird, die zu andern Resultaten führen. Ob aber wirklich, wie jetzt behauptet wird, die wesentlichsten Folgerungen von Nawrocki und Miescher auch durch Anwendung anderer und rationeller Beobachtungsmittel die so sehr erforderliche Be-

stätigung gefunden, wollen wir in einer anderen Arbeit untersuchen, welche die Leitung im Rückenmark zum Gegenstande hat.

### Historische Randglossen.

Die Anhänger und Bewunderer der Methode, deren Werth wir so eben besprochen, rühmen die Erfindung derselben unserm deutschen Ludwig nach. Freilich hat er sich selbst in keiner seiner „Arbeiten“ dieselbe direkt und ausdrücklich zugeschrieben. Selbst seine Schüler sprechen sich nur insofern darüber aus, als Dittmar sagt (pag. 18), Ludwig habe ihm das Mittel vorge schlagen und Miescher benutzt (pag. 404) auf Ludwigs Anregung das „neugewonnene“ Hilfsmittel. Für historische Angaben über die Methoden und die Resultate sind überhaupt die Leipziger Arbeiten keine Quelle, und sollen sie nicht sein, wahrscheinlich damit, wie Ludwig selbst einmal sagte (Zeitschr. für rationelle Medizin IX. pag. 116) „die Physiologen, welche diesen Namen in Wahrheit verdienen, . . . dem Verfasser . . . danken, dass er in Citaten sparsam gewesen ist“<sup>1)</sup>.

Da aber die fragliche Methode, obschon sie uns über die Reizbarkeit einzelner Markelemente interessante Aufschlüsse gegeben und vielleicht in Betreff der grauen Substanz noch ferner geben könnte, ihrer eigentlichen Bestimmung im Sinne der Mehrzahl der Physiologen nicht entsprochen hat, so wird es Pflicht, ehe wir Ludwig die Erfindung und verfehlte Anwendung derselben zur Last legen, zu untersuchen, wann und von wem diese Methode zuerst erdacht worden ist.

Poissonville hatte schon in der ersten Hälfte der dreissiger Jahre die Beobachtung gemacht, dass bei Fröschen jede nicht zu unbedeutende sensible Reizung, sei es an Nerven, äusseren oder inneren Körpertheilen, den Blutdruck in dem einen Aortenbogen vermehrt, wenn der andere Bogen offen gelassen wird. Da hier der Einfluss der reflektorisch erregten Bewegungen nicht scharf vom direkten Reflexe auf die Cirkulationsorgane (auf das Herz,

---

1) Dieses Citat verdanke ich indirekt Herrn Prof. M. J. Rossbach in Würzburg.

wie man sich damals ausdrückte) geschieden werden konnte, hat Poisseuille kurz darauf gemeinschaftlich mit Magendie diese Versuche an höheren Thieren wiederholt und Magendie hat sie selbstständig fortgesetzt. Er hat zuerst angegeben, dass nach vielen seiner Versuche der Druck durch momentanen oder dauernden Schmerz auch in der Jugularvene steige. (Phénomènes phys. Vol. 3 pag. 162). Er zeigt in dieser Vorlesung zwar nur ein nicht sehr schlagendes Experiment. Er reizt nämlich den Vagus, dessen Reizung noch Nebenwirkungen haben kann. Magendie erkennt dies an, fügt aber hinzu, „aussi ne pourrions nous tirer aucune conclusion rigoureuse de cette expérience, si elle n'était appuyée par une foule d'observations.“ Man weiss, was dies in Magendies Munde sagen will. Er war mit der Zahl der Versuche nicht geizig und hätte nie einen Schluss gewagt, wenn von 3 Versuchen nur  $66\frac{2}{3}\%$  seiner Ansicht das Wort geredet hätten. Eine solche Statistik war der neueren Schule aufgespart.

Beiläufig sei bemerkt, dass Magendie, „der allen menschlichen Gefühls baare“ „Vivisektor“, wie er jüngst in einem Pamphlet genannt wurde, an dem Hunde, dem er die eine Carotis und Jugularvene unterbunden hatte, nur darum in der Vorlesung den nach seiner Vorhersage nicht sehr geeigneten Vagus zur Reizung wählt, weil derselbe schon blos lag, „afin d'éviter a ce pauvre animal une nouvelle operation, je ne veux point mettre à nu un trouc nerveux, dont la sensibilité soit bien exquise“ (l. c. pag. 159).

Im Jahre 1847 kam Magendie auf diese Untersuchungen zurück, zu welchen er jetzt den von ihm construirten Quecksilbercardiometer (auch Manometre de Guettet genannt) benutzte. Er spricht aber auch von früheren Versuchen, in denen noch der gewöhnliche Manometer gedient hatte, um bei sensibler Erregung das Steigen der Quecksilbersäule zu demonstrieren. Die neuen Versuche beziehen sich auf die Reizung der Nervenwurzeln am Mark. Selbst die leichtesten Reizungen, bei denen das Thier ruhig bleibt, bewirken Steigen des Drucks in der Carotis. (Comptes rend. Vol. XXVI. pag. 875 u. 926.)

In den 11 Jahre später, 1858, erschienenen Vorlesungen von Bernard über das Nervensystem fanden wir manche der 1847 von Magendie angestellten Versuche über den Einfluss sensibler Reize auf den arteriellen Druck, denen Bernard damals als Assi-

stent von Magendie beiwohnte, ausführlicher erzählt (I. c. Tome I pag. 267—296).

Die hier citirten Arbeiten sind Jedermann zugänglich. Um so mehr muss es befremden, wenn wir in mehreren deutschen Arbeiten (und in ihren englischen Paraphrasen) lesen, dass Bezold zuerst im Jahre 1862 den Einfluss sensibler Erregung auf die Erhöhung des arteriellen Druckes gefunden habe, und dass man noch später die Versuche auch ohne vorhergehende Durchschneidung der Vagi bestätigt gefunden. Magendie hatte wie Bezold auch an Kaninchen die von ihm so eifrig verfolgte Erscheinung bewährt gefunden, und an wie vielen Thieren hat er operirt, denen er nicht die Vagi durchschnitten hatte.

Dass Bezold damals nicht selbst von Magendie's früheren Versuchen gesprochen, ist zu entschuldigen, da er, wie ich schon bei früherer Gelegenheit nachgewiesen, der französischen Literatur nicht vollständig mächtig war. Dass aber der Irrthum, in den er hier verfallen konnte, in Deutschland zur stehenden Lehre ward, scheint mir durchaus nicht, wie man dies in Paris vermuthete, ein Erzeugniss eines, vielleicht gar nicht vorhandenen, deutschen Chauvinismus zu sein. Im Gegentheile möchte ich annehmen, jene Angaben seien aus dem an sich sehr löblichen Wunsche hervorgegangen, auf die Gedenktafel des zu früh geschiedenen, viel versprechenden Forschers wenigstens eine Thatsache einzuschreiben, die der Wissenschaft sicher verbleiben wird.

Sicher bleibt ihr freilich diese Entdeckung, aber Bezold hätte sie ihr auch ungeschmälert überlassen können, wenn er den Thatsachen gehörig gefolgt wäre, mit denen sich die Wissenschaft in den 17 Jahren bereichert hatte, die seit den letzten Versuchen Magendie's verstrichen waren. Er hat dies nicht gethan, und noch für ihn, wie einst für Magendie, ist die Erhöhung des Druckes ein Ausdruck gesteigerter Herzarbeit geblieben. Magendie, dem die Arterien und alle Gefässe nur einfach elastische Schläuche waren, konnte die Sache konsequenterweise nicht anders deuten. Aber seitdem waren vielfache Arbeiten über die Gefässnerven und ihre Beziehung zum Nervensystem erschienen, war nachgewiesen worden, dass eine von den Nerven aus erzeugte Verengung der kleinen Gefässe, die „unabhängig vom Herzen“ der freien Cirkulation ein Hinderniss setzt, den Seitendruck „in den grösseren erhöhen muss“. (Vgl. meine Untersuch. z. Physio-



logie des Nervensystems 1855 pag. 142). Unbegreiflich war es ja immer, wie das Herz für sich jene starken Druckerhöhungen bewirken konnte, die Magendie schon nach sensibler Reizung beobachtet hatte, aber so lange keine andere Erklärung möglich war, liess man sich die Sache gefallen. Hätte Bezold die hier citirte Andeutung benutzt, so wäre ihm ein anderer Ausweg möglich gewesen, der ihn gewiss in eine fruchtbarere Bahn gelenkt hätte. Diese Bahn musste erst breit getreten werden!

Aber neu konnte wenigstens der Gedanke sein, die Sensibilität durch das Steigen des Quecksilbers zu erkennen, ihren Grad zu messen, wie (nach Dubois Ausdruck) „der Krämer das Zeug an der Elle“. — Mit nichten. Man suche in dem Register des dritten Bandes der Magendie'schen Vorlesungen (Paris 1837) und man wird pag. 465 eine Ueberschrift finden: „Mesure de la sensibilité en millimetres de mercure“!

Ich brauche kaum mehr zu sagen. Hier hat man schon alles. „Le niveau du mercure nous indiquera mieux peutetre que l'animal lui même, quel est le degré de sensibilité du nerf.“

In den Versuchen von 1847 ist die Sache noch ausführlicher behandelt. Das Steigen der Quecksilbersäule wird benutzt, um Spuren der Sensibilität in den vorderen Nervenwurzeln zu erkennen, jener rekurrenten Sensibilität, die den Anhängern der älteren Schule in Deutschland immer noch so verdächtig ist. Ein stärkerer Reiz soll ein stärkeres Ansteigen bedingen. Doch kommen gerade unter diesen Versuchen von 1847 schon nicht selten Beobachtungen vor, die deutlich zeigen, dass diesem letzten Satze keine ganz allgemeine Gültigkeit zukommt, und dass eben, wie wir es schon auseinandergesetzt, der „degré de sensibilité“ nicht allein das bestimmende ist. Was ist in dieser Beziehung lehrreicher, als wenn, wie dies vorkam, vordere und hintere Wurzel eines Spinalnerven bei ungefähr gleich starker Reizung gleich starke, oder wenigstens nicht deutlich zu unterscheidende Erhebungen der Quecksilbersäule erzeugen. Auch andere Beobachtungen kommen zahlreich vor, die sich nicht anders erklären lassen, als durch die oben charakterisirte Interferenz zwischen Steigen und Sinken, oder durch ein succesives Hervortreten dieser beiden Phasen. Besonders die hintern Wurzeln, von denen der stärkere Gefühlsreiz ausgeht, haben öfter vor dem Steigen ein kurzes anfängliches Sinken gezeigt.

### Glatte Muskeln.

Schon im Jahre 1869 (dies. Arch. II. pag. 509) hat Budge die Diskussion über die Reizbarkeit der vorderen Rückenmarksstränge geglaubt endgültig entscheiden zu können, indem er darauf hinwies, dass man von allen Stellen des Rückenmarks aus unfehlbar Bewegungen der Harnblase erzeugen könne, und dass der Versuch dasselbe Resultat gebe, wenn man das der Hinterstränge entblösste Mark z. B. in der Brustgegend galvanisch erzeuge. Er hat seine Versuche früher an narkotisirten, später an einfach curarisirten Thieren angestellt und die Bewegung durch das rasche und energische Steigen der Flüssigkeit in einer mit der Blase kommunizirenden vertikalen Glasröhre erkannt. Der Verfasser theilt einige Versuche mit, welche seine Ansicht stützen sollen.

Aber gerade diese Belege lassen grosse Lücken in der Beweisführung und gestatten ernstliche Zweifel. Wenn z. B. nur eine Länge von 10 mm der Hinterhälfte des Markes abgetragen und die entblösste Stelle mit dem Induktionsapparate gereizt wird, ohne jegliche Garantie gegen Stromschleifen, so weiss man nicht, ob nicht der Reiz wie in den oben erörterten Versuchen von Huizinga u. A. sich bis zu den Hintersträngen der benachbarten Theile verbreiten konnte. Die Angabe, dass in anderen Fällen, wo die Vorderhälfte entfernt war und die hintere gereizt wurde, keine Blasenbewegung eintrat, ist durchaus keine sichere Controlle, weil Budge selbst angibt, dass — wenigstens bei seiner Präparationsmethode — die gewöhnlich so sehr hervortretenden Reflexbewegungen der Blase manchmal auch fehlten. Er sagt, dass er die Reflexe vom sensibeln Nerven bei seinen curarisirten Thieren „zwar nicht konstant, doch in „vielen Fällen“ gesehen habe“. Nun wissen wir besonders durch die Untersuchungen von Mosso, die ich bestätigen kann, dass diese Reflexbewegungen bei nicht zu sehr misshandelten oder nicht maximal aetherisirten Thieren konstant und in grosser Ausdehnung vorhanden sind (Siehe über normale Thiere Mosso und Pellacani sulla funzioni della vesica, Roma (Lincoi) 1882). Ueber die verschiedenen Arten der Bewegung der Blase und den Einfluss des Aethers befindet sich eine kurze Notiz nach meinen Versuchen in H. de Saussure, Rapport du President de la société de Physique et d'histoire naturelle pour l'année 1881. Dasselbst sind auch die Darmbewegungen

behandelt.) Wenn *Mosso* glaubt l. c. pg. 31, dass *Budge* den Einfluss des *Trigeminus*, des *Vagus*, und anderer sensibler Nerven auf die Blasenbewegung gar nicht erkannt habe, so hat er dieses *Arch. II*, pg. 515 nicht berücksichtigt. Dass die Reflexe auf die Blase (und auf Reflexe kommt es nach unserer Ansicht ausschliesslich beim Erfolg der Rückenmarksreizung an) durch schwere Missbehandlung mit Markverletzung für einige Zeit zum Schweigen gebracht werden können, während sie andern scheinbar eben so schweren Verletzungen gut widerstehen, sehen wir in den eigenen Versuchen von *Mosso* und *Pellacani*, denen sie selbst freilich die Deutung geben, dass die Reflexe in der hintern Markhälfte verlaufen müssen (l. c. p. 35 u. 36), weil sie unmittelbar nach Durchschneidung der vordern zwei Drittheile die Reflexe durch die verletzte Stelle hindurch noch erhalten sahen, während in ihren Versuchen nach Durchschneidung von etwas mehr als der hinteren Hälfte die Reflexe sogleich erloschen waren. *Budge* hat hingegen schon lange gesehen, dass sie nach Durchschneidung der vorderen Hälfte verschwanden, und ich sah sie erhalten nach Durchschneidung der hinteren Hälfte, und zwar von den Theilen vor und hinter dem Schnitt aus<sup>1)</sup>. Man sieht also hier wieder, dass nur Lähmungsversuche bei andauernder Beobachtung über die Leitungsbahnen im Mark Auskunft geben können. Reizversuche bringen Verwirrung. Beobachtungen im traumatischen Zustand gestatten nur ein einseitiges beschränktes Urtheil.

In unsern eigenen Versuchen haben wir die vorbereitende Verletzung des Rückenmarks und die Verbindung der Blase mit dem Schreibapparat immer entweder in tiefster Aetherisation und nach querer Durchschneidung des *Pons Varolii* vorgenommen. *Curare* wurde niemals angewendet. Von dem Rückenmark wurden, wie in vielen früheren Versuchen, nur die Hinterstränge eine lange Strecke weit entfernt. Die Mitte dieser Strecke lag am ersten Lendenwirbel. Sodann wurde der Hund auf die Seite gelegt, so dass man das Mark gut sehen konnte. Die Harnröhre wurde unterbunden, der Fundus der Blase eröffnet und durch

---

1) Und in allen den hier erwähnten Rückenmarksdurchschneidungen von *Budge*, *Mosso* und mir wurden die Versuche an derselben Thierart (Hund) und nahezu in gleicher Höhe des Marks ausgeführt. Das Reflexversuche nach Verwundungen sehr mannigfache Verschiedenheiten zeigen, ist ja bekannt.

ihn wurde die Blase mit einem luftleeren, mit erwärmtem Wasser gefüllten, vorläufig durch Klemme geschlossenen dickwandigen Schlauch in Verbindung gesetzt, der sich in einiger Entfernung vom Thiere in zwei ungleich weite Aeste theilte. Der enge Ast führte zu einer Mariottischen weiten und hohen Röhre. Der weitere Ast ging zu einem doppelten Kugelapparat, die obere vertikal verstellbare Kugel war so gestellt, dass sie bei dem gewöhnlichen und durch die Mariotte'sche Röhre gegebenen Druck nur halb mit Wasser gefüllt war. Ihr oberer Luftraum führte zu einer Marey'schen Gummitrommel, deren Hebel die Bewegungen der Blase auf berusstes Papier schrieb, auf welches zugleich der Blutdruck, oft die Athmung und — in ähnlicher Weise wie die der Blase, — die Bewegungen des Colons mit oder ohne Coecum aufgezeichnet wurden.

Es wurde die Blase unter dem beabsichtigtem Druck gefüllt und lange, oft sehr lange gewartet, bis die Blase wieder regelmässige Zusammenziehungen zeigt, die des Darmes waren stets früher zurückgekehrt. Ich sage regelmässige und nicht normale Zusammenziehungen, denn in der ersten Zeit, in den ersten 1½ Stunden nach solchen Markverletzungen, zeichneten sich die Blasenbewegungen immer schwächer auf als vor der Verletzung. Dies war nur zum Theil Folge des Aethers. Denn auch in denjenigen Fällen, in welchen ich so lange wartete, dass nach Aussage meiner früheren Versuche ohne Verletzung des Rückenmarks die normale Energie der Blasenbewegung nicht mehr vom Aether beeinflusst war, sowie in den Fällen, wo die Anästhesie, ohne Aether, durch Hirntrennung erzeugt war, blieben hier die Bewegungen der Blase immer schwach. Die Erhebungen des Schreibstiftes waren niedrig aber von normaler Form. Dies ist gerade ein günstiger Umstand, wenn es sich darum handelt Reizbewegungen deutlich hervortreten zu lassen. Wenn nun unter den bekannten Cautelen gegen Deviation des Stromes auf die nicht entblösste Markportion, die Mitte des entblösten Theiles durch Induktion oder Kettenstrom gereizt wurde, zeigten weder die Bewegungen der Blase noch die des Darms die geringste Abweichung. Es war relative Ruhe vorhanden. Natürlich durfte nur aus oft wiederholten Reizversuchen geschlossen werden, dass die verzeichneten Berge und Thäler durch den Reizstrom weder höher, noch tiefer, noch frequenter, noch seltener wurden. Auch successive direkte Einwirkung des Stromes auf die Seitenstränge, auf den

sogen. Pyramidenseitenstrang blieb ohne allen Erfolg. Alles was kräftige Stromschleifen gegen den Hinterstrang jenseits der Wunde erzeugte, hatte Blasenbewegung zur Folge. Aber stark musste hier die Stromschleife sein, denn manchmal zeigten schon die Rückenmuskeln die Existenz derselben an, warnend winkte mit wackelndem Finger der Wachfrosch, und noch war keine Erregung der Blase vorhanden. Der Darm zeigte sich gewöhnlich empfindlicher als letztere.

Also im eigentlichen Mark, auch in den Abtheilungen desselben, die den reflektirten Bewegungen der Blase und des Dickdarms vorstehen, gibt es keine motorischen, sondern nur kinosodische Leitungsbahnen für diese Organe.

Zur Unterstützung dieses Ergebnisses stehen uns auch einige chemische und mechanische Reizungsversuche zu Gebote.

Aber nach der übereinstimmenden Angabe vieler Schriftsteller sollen wenigstens die vasomotorischen Leiter im Mark elektrisch erregbar sein. Als Grund dieser Ansicht finden wir die Behauptung, dass Ludwig und Thiry in ihrem Schriftchen von 1864 diese Erregbarkeit unwiderleglich bewiesen hätten. In der erwähnten Arbeit dieser Autoren ist aber keine Spur eines solchen Beweises zu finden. Sie haben das Cervikalmark gereizt und dabei die seit Magendies Versuchen selbstverständliche, von Bezold vielfach bestätigte Erhöhung des Blutdrucks wiedergefunden. Sie haben das Mark aber nie so gereizt, nie so zu reizen versucht, dass dabei eine Reflexwirkung von sensibeln Theilen ausgeschlossen gewesen wäre. Im Gegentheil führt ihre Reizungsmethode nothwendig eine solche Reflexwirkung herbei. Es hat also, im besten Falle, gar keinen Sinn, es ist nur eine leichtfertig hingeworfene Phrase, wenn sie diese Versuche mit der Bemerkung begleiten, dass man oft die Gefässnerven im Mark für (direkt) unerregbar gehalten. Niemand, auch dieser „man“ nicht, hat je behauptet, dass sie für Reflexe im Mark unerregbar seien, und wer etwa damals von den Hintersträngen aus keine Reflexe zugab, hat niemals an die Gefässnerven gedacht. Die von diesen beiden Autoren vorgebrachten und, nicht ganz ohne ihre Schuld, von vielen ihrer Leser so missdeuteten Thatsachen sind also für die vorliegende Frage gar nicht in Betracht zu ziehen.

Wir haben oben die Entdeckung Dittmars bestätigt, dass sich in den vordern Theilen des Markes reizbare Elemente befinden, deren Erregung sich in der Medulla oblongata auf die Ge-

fässnerven reflektirt<sup>1)</sup>. Wollen wir untersuchen ob sich in dem Mark noch neben diesen reflexerzeugenden auch direkt reizbare Elemente für die Gefässe befinden, so haben wir uns zunächst dieses Reflexes zu entledigen. Dies kann nur geschehen durch Abtrennung des verlängerten Marks. Entblößen wir dann noch irgend eine Markstelle ihrer Hinterstränge und durchschneiden wir die direkt abgehenden Nervenwurzeln, so wird dann eine Reizung dieser Markstelle durch die Veränderung des Blutdrucks anzeigen, ob sich in ihr reizbare Nerven für die Gefässe befinden. Wir haben schon oben gesehen, dass dieser Versuch am obern Dorsalmark angestellt, mit Sicherheit beweist, dass die Gefässbahnen im Mark nicht elektrisch reizbar sind. Besondere Vorsicht erheischt beim Versuch an der angegebenen Stelle die Entfernung der Nervenwurzeln. Es genügt nicht, namentlich bei Kaninchen, sie einfach zu durchtrennen, sobald man etwas höhere Stromstärke in Anspruch nimmt. Bei Katzen fand ich genügend den innerhalb der Dura befindlichen Theil der vorderen Wurzeln zu reseziren.

Ich habe in einzelnen Versuchen die Mühe nicht gescheut, die Präparation auch am Cervikalmark zwischen dem 2. und 5. Wirbel vorzunehmen. Leider blieb es meistens bei der Präparation, denn der Blutdruck war dann so gesunken, dass eine Markreizung doch nur einen zweifelhaften Erfolg gehabt und keinen Schluss gestattet hätte, wenn ihr Ergebniss, wie zu erwarten stand, negativ ausgefallen wäre. Aber in zwei Versuchen an Katzen brachte ich es, noch mit Giannuzzis Beihülfe, dazu, nach der Vorbereitung einen Druck von nahezu 38 mm zu erhalten, den die Markreizung bei quer aufgesetzten Elektrodennadeln nicht erhöhte. Als man dann den Strom ganz nahe dem untersten Ende der entblösten Stelle zuwandte, so dass er auf den peripherischen Theil der Hinterstränge deviiiren konnte, hob sich freilich etwas langsam der mittlere Blutdruck bis gegen 50 und 44 und auffallend war die stärkere Erhebung der einzelnen Pulsationen.

Wir müssen also schliessen, dass im ganzen Rückenmark, abgesehen von den centralen Bahnen der Wurzeln, keine direkt erregbaren motorischen Elemente vorhanden sind.

1) In einer neueren Versuchsreihe habe ich mir die Frage vorgelegt, ob die Dittmar'schen Elemente etwa ausschliesslich in den sogen. Kleinhirnseitenstrangbahnen verlaufen. Ich fand, dass auch nach beiderseitiger Trennung (quer) derselben noch die Gefässreflexe erhalten sind.