

Sitzungsberichte

der

königl. bayerischen Akademie der Wissenschaften

zu München.

Jahrgang 1861. Band I.

München.

Druck von J. G. Weiss, Universitätsbuchdrucker.

1861.

In Commission bei G. Franz.

Sitzungsberichte

der

königl. bayer. Akademie der Wissenschaften.

Mathematisch-physikalische Classe.

Sitzung vom 9. Februar 1861.

(Schluss des Berichts.)

Herr Harless gab Nachricht

„Ueber die Wirkung des Ammoniaks auf die nervösen Centralorgane.“

Bei meinen fortgesetzten Studien an dem Nerv-Muskel-Präparat des Frosches wurde ich durch mancherlei Beobachtungen und Ueberlegungen immer wieder auf eine bis jetzt noch gar nicht in Angriff genommene Fragestellung geleitet, deren Lösung freilich noch in ziemlicher Ferne zu liegen scheint. Sie betrifft den Hergang bei der willkürlichen Bewegung. Dass im Nerv und Muskel dabei nicht wesentlich andere Verhältnisse und Erscheinungen vorkommen werden, als bei der Zuckung und dem durch chemische und electriche, oder mechanische discontinuirliche Reize erzeugten Tetanus; darüber kann nach Du Bois's Untersuchungen und den Resultaten der Stoffwandel-

Versuche wohl kein Zweifel mehr obwalten. Unser Bewusstsein sagt uns aber in vielen Fällen nur von einem einmaligen Impuls, dem dann mit willkürlich zu ändernder Geschwindigkeit dauernde Verkürzungen nachfolgen. Solche langsame und willkürlich zu beschleunigende oder zu verzögernde Formänderungen der Muskeln kann man bei Thieren oder deren isolirten Muskeln nur auf zweierlei Weise künstlich hervorrufen. Es geschieht dies nämlich bei geköpften Thieren auf dem Wege des Reflexes durch eigene Methoden, oder am isolirten Muskel durch eine besondere Art der Reizung. Im ersteren Fall genügt ein momentaner Impuls, im zweiten werden discontinuirliche Reize von bestimmter Intensität verlangt.

Das Studium der Reflexbewegungen hätte sicher nicht zu so vielfachen Verwirrungen geführt, wie sie wenigstens in Beziehung auf die Deutung der Thatsachen heute noch theilweise bestehen, wenn man von Anfang an messbare Erregungsquellen für die Reflexe angewendet hätte, und solche, welche keine bleibenden Veränderungen in den einmal gereizten Punkten zurücklassen. Selbst von dem electrischen Reiz kann man das Letztere nicht behaupten, geschweige von einem mechanischen oder gar chemischen. Und doch besitzen wir ein solches, und zwar sehr nahe liegendes Erregungsmittel in der Wärme. Bei mässig reizbaren Thieren genügt eine momentane Berührung der äussersten Zehenspitze mit einem warmen Körper von 25—28° Cels. um Reflexbewegungen auszulösen. Dabei verdunstet eine fast unmessbare Menge leicht wieder zu ersetzenden Wassers und die Nerven selbst werden sicher viel weniger hoch dabei erwärmt. Aber gesetzt auch, sie hätten diese Temperatur angenommen, so weiss man aus meinen Versuchen über den Einfluss der Temperatur und Temperaturschwankung auf die nackten Nerven, dass sich unter jenen Umständen sehr schnell jede Nachwirkung ausgleichen muss. Ort, Zeitdauer und Temperatur muss bei den Versuchen entweder gleich erhalten bleiben, oder die Abweichung davon im einzelnen Fall leicht erkannt werden können.

Dazu bedarf man aber eines besondern Apparates, welchen ich schon vor Jahren construirt habe und hier nur nebenbei erwähnen will. Er besteht aus einer c. 1 Zoll breiten, 3''' dicken, kantig zugeschärften Eisenschiene, welche sammt der constanten Wärmequelle an ihrem einen Ende mit beliebiger Geschwindigkeit emporgehoben werden kann, um mit einem gewissen Punkt des Frosches, z. B. dessen langer Zehenspitze an einem beliebigen Ort ihrer Länge in Contact gebracht zu werden.

In die Schiene eingelassene Thermometer lassen die Temperatur an dieser Stelle erkennen; der Hub der Schiene und die Dauer der Berührung zeichnet sich auf dem Streifenkymographion auf, während die Reflexbewegung sich gleichzeitig daselbst graphisch aufträgt. Es ist dies möglich, weil die durch geringe Wärme erzeugten Reflexe eine ausserordentliche Regelmässigkeit und Langsamkeit besonders im absteigenden Theil der Curve zeigen. Damit lässt sich also für jeden gegebenen Zustand der Centralorgane die Wirkung messbarer Reize auf Geschwindigkeit, Ausgiebigkeit und Dauer der Reflexbewegung bestimmen, und umgekehrt wieder die Aenderung in den Centralorganen erschliessen.

Hier genügt es nur zu erwähnen, dass man mit sehr geringen Wärmegraden und momentaner Erregung Sekunden lange andauernde, langsame, einfache Verkürzungen zu erzielen im Stande ist.

Will man am isolirten Muskel das Phänomen der langsamen Contraction zeigen, so gelingt das nur sehr schwer ohne weitere Kunstgriffe, durch allmähliche Verstärkung der elektrischen Stossreihen des Schlittenapparates, aber sehr leicht und für demonstrative Zwecke recht elegant mit zu Hülfeahme eines Factors, welcher an der Muskulatur des lebenden Thieres nirgend fehlt, nämlich der antagonistischen Gegenwirkung. Es kann diese aus einem elastischen Faden oder angehängten Gewicht bestehen, noch hübscher aber aus einem zweiten Muskel. Man fixirt die oberen Enden zweier gastrocnemii an metallischen

isolirten Haltern, verbindet die Sehnen der wenig gespannten Muskeln durch eine Drahtbrücke, von welcher sich ein Seitenarm zu einem Quecksilbernäpf fortsetzt. Die lineare Verschiebung des Drahtes setzt einen beliebigen Fühlhebel in Bewegung, an welchem man leicht das Maass der Verkürzung nach der Seite des einen oder anderen Muskels verfolgen kann.

Von den Endklemmen der secundären Spirale gehen die Drähte zu den Muskeln und Haltern, gleichzeitig aber von jeder Klemme ein Draht zu einem mit Kupferlösung gefüllten Rheostaten; aus beiden letzteren führen zwei Drähte gemeinschaftlich zu dem Quecksilbernäpf. Ist nun die Feder des Elektromagneten so gestellt, dass ihre regelmässigen Schwingungen ein und denselben Ton constant erhalten, und schiebt man den Draht des einen Rheostaten langsam hinauf, den des anderen ebenso langsam gleichzeitig herab und wieder umgekehrt, so folgt ebenso langsam der kleine Fühlhebel diesen Bewegungen, sich bald nach links, bald nach rechts hinüber neigend, ohne allen Stoss und Schwankung.

Bei den von den Centralorganen abgetrennten Nerven sind immer besondere Verhältnisse nöthig um die Folgen einer einmaligen, - momentanen Reizung in Zuckungsreihen oder länger dauernde, oder sich öfter und schnell wiederholende Verkürzungen ausschlagen zu sehen. Es kommt diess vor bei Nerven, deren Wasser bis zu einer gewissen Grenze hin verloren gegangen, bei Thieren, welche vor dem Schlachten z. B. in sehr kalten Räumen zugebracht hatten, kurz bei Nerven, in welchen wir aus der einen oder anderen vielfach noch unbekannten Ursache eine grössere Beweglichkeit der Moleküle voraussetzen dürfen. Pflüger hat für solche Thiere den Namen „tetanische“ eingebürgert, und wir wollen ihn der Kürze wegen beibehalten. Unterscheiden sich nun wohl auch derartige Verkürzungen in ihrer äusseren Form durch die unsymmetrischen und ungeordneten Formänderungen sonst anatomisch verbundener Bündel, gegenüber dem mehr gleichmässigen Zusammenwirken derselben bei der willkürlichen Contraction: da wie dort scheint der all-

gemeinsten Anforderung genügt werden zu müssen: es wird sich der momentane Impuls in eine Reihe von Stößen umsetzen, um das Phänomen zu erzeugen.

Der bis jetzt allgemein angenommene Satz, dass sich bei den willkürlichen Bewegungen die Zusammenziehung der Muskeln aus dicht gedrängten Reihen einzelner Zuckungen zusammensetze, und die Stetigkeit der Verkürzung nur eine scheinbare sei, ist vorläufig beibehalten worden. Ich werde ihn später einer ausführlichen Untersuchung unterwerfen¹. Da aber von den Centren aus sowohl einfache Zuckung, als tetanische Verkürzung, als auch scheinbar stetige Contractur erzeugt werden kann, so wollte ich versuchen die Umstände näher zu prüfen, unter welchen das Eine oder Andere eintritt, ferner ob und wie sich bei gleich bleibender Form der Reizung der Effekt ändern liesse.

Ich sann also darauf mit irgend einem Mittel sicher den einen oder andern Theil des Nervenapparates ohne Reizung und mit möglichster Schonung der benachbarten Punkte rasch zu tödten und auf solche Weise in dem verwickelten Apparat der Centralorgane gleichsam ein Werk um das andere auszuhängen, und das Spiel der noch erhaltenen für sich zu studiren.

Ich hatte am 22. März 1858 die Thatsache entdeckt, dass Ammoniakdämpfe den motorischen, nackten Nervenstamm in kürzester Frist, ja dünne Nerven mit Blitzesgeschwindigkeit tödten, ohne dass dabei eine Zuckung in dem zugehörigen Muskel auftritt, und dass die Tödtung genau so weit reicht als der Ammoniakdampf den Nerv berühren kann.

Wie das Ammoniak diese Wirkung auszuüben vermag, bleibt nothwendig so lange ein Räthsel, als die Unmöglichkeit fort-dauert, zu sagen, welches der verschiedenen Gewebelemente und welche chemische Stoffe die Leistungsfähigkeit des frischen Nerv bedingen. Wasserentziehung, Verbindung mit dem Eiweiss,

(1) cf. Sitzungsbericht vom Monat Mai 1861.

oder Fett, oder Neutralisation einer Säure — oder alles zusammen — Wer wagte zu entscheiden, welche dieser nothwendigen Folgen der Ammoniakwirkung die wirksame für die rasche Tödtung der Nerven sei?

Zuerst musste aber untersucht werden, ob sich alle Nerven, und alle Stellen der centralen Massen physiologisch gleich gegen das Ammoniak verhalten.

Versuch I.

Wenn man bei einem lebenden Thier zuerst den Stamm des Schenkelnerv blosslegt, ein auf der unteren Seite mit Fett bestrichenen Glimmerblatt darunter hinschiebt, und die Mitte des aufliegenden Nerv mittelst eines in Ammoniak getauchten Miniatur-Haarpinsels betupft, so entstehen momentan höchstens $\frac{1}{2}$ — $\frac{3}{4}$ Sekunden dauernde Schmerzzeichen, dann Ruhe, und es können weder Reflexbewegungen von den vom Nerv versorgten Hautstellen aus erregt, noch Zuckungen im Unterschenkel erzielt werden, wenn man den Stamm oberhalb der betupften Stelle reizt.

Versuch II.

Wird bei dem lebenden Thier von rückwärts die Wirbelsäule zwischen dem V. — VIII. Wirbel aufgebrochen, und das Rückenmark blossgelegt, werden dann die hinteren Wurzeln der einen Extremität wieder auf Glimmer gelegt, und mit Ammoniak betupft, so entsteht eine ganz momentane Schmerzäusserung, dann Ruhe und sofortige, vollkommene Vernichtung der Leitungsfähigkeit.

Da die sensitiven Fasern im Stamm offenbar die gleichen sind, wie in der Wurzel, so kann nur der rascher die Reizung überflügelnde Tod bei den weniger geschützten Wurzelfasern den Unterschied bedingen. Offenbar aber ist, dass dem Tod ein solches Reizstadium vorausgeht, welches als Schmerzäusserung und wie wir später auch noch sehen werden, am geköpften Thier als Reflexbewegung objectiv wahrnehmbar wird. Dieses Stadium dauert aber höchstens wenige Sekunden, meist nur Bruchtheile einer Sekunde, und beginnt fast im Moment der

Berührung. Das erkennbare Reizstadium ist um so kürzer, je schneller das Ammoniak die wirksamen Nervelemente trifft.

Versuch III.

Legt man eine motorische oder sensible Wurzel, oder einen gemischten Nervenstamm bloss, auf Glimmer und hohl, führt dann mit dem Ammoniakpinselchen einen gürtelförmigen Strich um die Peripherie des Nervegebildes, so erfolgen die oben bereits erkannten Erscheinungen und die Lähmung tritt äusserst rasch ein. Reizt man nun diesseits oder jenseits des Gürtelstriches um entweder direkte oder reflektirte Bewegungen zu erzielen, so gelingt diess von allen Punkten aus, welche in der nächsten Nähe des bestrichenen Gürtels liegen.

Versuch IV.

Bereitet man sich eine recht intensiv gefärbte Carminlösung in Ammoniak, legt den Schenkelnerv eines lebenden Thieres, welches hiebei aber gefesselt sein muss, über Glimmer und hohl, verfährt dann wie im vorigen Versuch mit der Carminlösung, so kann man leicht verfolgen, wie weit sich durch Verfliessen das Ammoniak in dem Nerven ausbreitet, und wie weit über diese verfolgbare Grenze hinaus die physiologische Wirkung reicht. Man findet, dass der rothe Strich nur in sehr kleinem Umfang verfliesst, momentan stehen bleibt, und ganz scharfe Ränder zeigt. Ist die Lähmung erfolgt, so benützt man zur Reizung am besten mechanische Mittel, da man bei Anwendung von elektrischen Reizen ohne besondere Vorsichtsmaassregeln nie vor Stromschleifen sicher ist, welche möglicher Weise noch viel fernere Nervenabschnitte als die zwischen den Elektroden gelegenen erreichen können. Ausnahmslos findet man, dass die Lähmung höchstens $\frac{1}{2}$ Millimeter weit die betupfte und geröthete Stelle überschreitet. Schneidet man eine der beiden hohlen Hemisphären des Gehirns heraus, spaltet deren Decke, und breitet das dünne Markblatt auf einer Glasplatte aus, betupft das Mark, da wo es vollkommen eben ist, flüchtig mit der Lösung, so bleiben ganz kleine scharf umschriebene, rothe Punkte stehen, ohne sich weiter zu verbreiten und auch etwas grössere Tröpfchen

dringen nie durch die ganze Dicke des feinen Markblattes hindurch. Für alle später zu beschreibenden Versuche benützt man mit grossem Vortheil das gefärbte Ammoniak, weil man dadurch stets über den Ort und die Ausdehnung der Applicationsstelle orientirt bleibt, was ausserdem ja ganz unmöglich ist.

Dieser Versuch beweist, dass die Ausbreitung des flüssigen Ammoniaks in dem Nervengewebe von der Applicationsstelle aus eine höchst beschränkte ist, und dass sich die Wirkung des Ammoniaks in ausserordentlich kleinen Grenzen über die Contactstelle hinaus weiter verbreitet. Das Ammoniak wirkt so gut wie rein lokal.

Versuch V.

Bei einem lebenden Thier wird der Unterkiefer exarticulirt, und mit der Zunge entfernt, die pars basilaris des Schädels aufgebrochen, und die Vorderfläche des Rückenmarkes mit Ammoniak betupft. In kürzester Zeit entsteht ohne alle Zuckung und Convulsionen Lähmung der Extremitäten. In den unteren Extremitäten dauern die Reflexbewegungen in gewöhnlicher Form und mit gewöhnlicher Intensität noch fort.

Versuch VI.

Bei einem decapitirten Thiere wird in der Gegend des IV. Wirbels die Säule von vorn aufgebrochen; vorsichtig werden die Vorderstränge mit dem Ammoniakpinsel berührt. In demselben Moment entsteht ein einmaliges, kurz dauerndes Zittern in einigen Muskeln der unteren Extremitäten und darauf Lähmung.

Versuch VII.

Bei einem decapitirten ausgeweideten Frosch wird von vorn die Wirbelsäule in der Höhe des III. Wirbels aufgebrochen; die leiseste Berührung der Vorderfläche des Markes mit einer Nadel erzeugt sofort Zuckung in den unteren Extremitäten. In der Höhe des III. Wirbels wird zuerst das Ammoniak aufgetragen; nur in der einen Extremität erfolgt ein schnell vorübergehendes schwaches Zittern, in der anderen gar nicht. Reizung mit der Nadel ist an dieser Stelle ganz erfolglos geworden. Bei dem

Betupfen war die Vorsicht gebraucht worden, dass der obere Theil des Thieres über den Tellerrand herabhing. Die Reflexthätigkeit war im Bereich der unteren Extremitäten erhalten. Nun wurde der IV. Wirbelkörper entfernt; an dieser Stelle war die Vorderfläche des Markes gegen mechanische Reize äusserst reactionsfähig. Als Ammoniak aufgetragen wurde, entstand nicht die Spur von Zuckung oder von Zittern; die Reizbarkeit erlosch aber fast augenblicklich; nochmaliges Betupfen dieser Stelle hatte keinen weiteren Erfolg. Die unmittelbar darunter befindliche Parthie der Vorderstränge ist noch äusserst reizbar. Es breitet sich also das Ammoniak gar nicht aus und wirkt auch hier rein lokal. Nun wurde der V. Wirbelkörper entfernt. Auch diese Stelle des Markes ist äusserst erregbar; die leiseste Berührung macht Zuckung. Als man sich vergewissert hatte, dass die Reflexthätigkeit für die unteren Extremitäten noch vollkommen fortbestand, wurde die Stelle mit Ammoniak bestrichen. Anfänglich schien die Reizbarkeit dadurch erhöht. Es entsteht aber keine Zuckung und kein Zittern; sehr schnell wird die Stelle absolut reizlos, unmittelbar darunter bleibt die Reizbarkeit vollkommen fortbestehend. Noch ist die Reflexthätigkeit erhalten. Nun wird die hintere Fläche des Markes in der Region des II. dann III. dann IV. Wirbels bepinselt. Es entstehen keine Convulsionen, so lange man sich im Bereich der Wirbel hält, unter welchen vorn die Vorderstränge betupft worden waren.

Die Vorderstränge des Rückenmarkes verhalten sich also wie die Nervenstämmе und Wurzeln gegen das Ammoniak.

Versuch VIII.

Bei dem lebenden Thier werden die Schädeldecken von vorn bis zur hinteren Spitze der Rautengrube abgenommen und nun die einzelnen Hirntheile bepinselt:

1. die Oberfläche der linken Hemisphäre; das Thier macht noch Fluchtversuche; die linke obere Extremität ist bald darauf halb gelähmt.

2. Nun auch die Oberfläche der rechten Hemisphäre. Sehr bald verfällt das Thier in einen mehr soporösen Zustand, ist

schwerer reizbar, besitzt aber noch in allen Körpertheilen Gefühl. Die Bewegungen auf Reize sind noch regelmässig, aber statt zu springen werden die Extremitäten parallel der Tischplatte schnellend gestreckt, so dass das Thier natürlich kaum von der Stelle rückt. Die Athembewegung dauert fort, auch die Nickhaut reagirt noch auf Reize. Die allgemeinen Folgen sind: Kraftlosigkeit, Trägheit und verminderte Willensenergie.

3. Betupfen der Oberfläche der Zweihügel ruft einige kurze Fluchtversuche hervor. Bald darauf entsteht veränderte Form des Ganges. Das Thier geht wie die Kröten langsam auf allen Vieren; bei nochmaligem Betupfen derselben Stelle bleibt sich der Erfolg gleich.

4. Betupfen des oberen Endes der Rautengrube. Es entstehen lebhafte, länger dauernde Manège-Bewegungen in Folge linksseitiger Lähmung.

5. Betupfen der hinteren Spitze der Rautengrube führt zu heftigen, wenn auch sehr unvollkommenen Fluchtversuchen. Bald darauf beginnt ein Zittern in den Muskeln der oberen Extremitäten und des Rumpfes. Die Reflexfunction ist zuerst in der Region der oberen Extremitäten gesteigert, in der der unteren vermindert und bald beginnt Opisthotonus und heftiges Zittern mit klonischen Krämpfen in den unteren Extremitäten. Nochmaliges Auftragen von Ammoniak an derselben Stelle verändert nichts in den Erscheinungen. Die Krämpfe dauern an 4 Minuten.

Betupfen der einzelnen Hirntheile bis herab zur unteren Spitze der Rautengrube hat also genau denselben Erfolg wie die Exstirpation derselben Theile mit dem Messer. So wird das flüssige Ammoniak in der Form, wie ich es mit dem Miniaturpinsel auftrage, zu dem feinsten Instrument die einzelnen und zwar die beschränktesten Stücke der Centralorgane so zu lähmen, als wenn sie mit dem Messer hinweggenommen worden wären — zugleich gestattet die so lokalisirte Wirkung dieses Agens eine Feinheit der Versuche, wie sie auf mechanischem Weg niemals zu erzielen ist. Bis zum vierten Akt dieses Experiments konnte man aus den früheren Erfahrungen die Resul-

tate voraussehen; und das war es ja, was ich eigentlich von der Anwendung des Ammoniaks erwartet hatte, und worauf ich meine Hoffnungen gründete, meinen anfänglich entworfenen Plan durchführen zu können. Wie gross aber war mein Erstaunen, als ich statt einfacher Lähmung im fünften Akt des Experimentes nach dem vorübergehenden ersten Reizstadium und einer Pause von 1 — 1½ Sekunden den so lange andauernden Sturm von Convulsionen der heftigsten Art hereinbrechen sah!

Versuch IX.

Bei einem lebenden Frosch wurde nur die Rautengrube blossgelegt; die Gefässhäute wurden entfernt, die Blutung gestillt, auf ihr hinterstes Ende Ammoniak aufgetragen. Nach einer kurzen Pause erfolgt ein Sturm tonischer und klonischer Krämpfe, welcher an zwei Minuten währt und nachdem er sich gelegt hat, eine solche Erhöhung der Reflexthätigkeit zurücklässt, dass jedes Klopfen auf den Tisch, sofort wieder neue Stösse in allen Muskeln hervorruft wie bei Thieren, welche mit Strychnin vergiftet sind.

Versuch X.

Bei einem Thier, welches längere Zeit in der Gefangenschaft gelebt hatte, und hell tingirt war, wurde das Rückenmark in der Höhe des V. — VIII. Wirbels von der Rückenseite her blossgelegt und mit Ammoniak bepinselt. Sofort entstand ein ganz kurzes Zittern und darauf völlig Ruhe; keine Spur von Krämpfen folgte nach.

Versuch XI.

Nachdem die Schädeldecken aufgebrochen waren, wurde der Kleinhirnstreifen und das obere Ende der Rautengrube mit Ammoniak bepinselt. Sofort entstehen heftige Athmungsbewegungen, wenige Convulsionen in den Extremitäten. Jetzt wird der Haarpinsel etwas tiefer bis zur unteren Spitze der Rautengrube vorgeschoben: es entstehen sofort die heftigsten und furchtbarsten tetanischen Krämpfe mit Reflexkrämpfen nach jedem Anstossen oder Schütteln des Thieres. Diese dauern 5 Minuten. Während sie noch im Gang sind, wird die Wirbel-

säule oberhalb des IV. Wirbels durchschnitten, der Tetanus hört fast momentan auf, und es treten bei Kneipen und mit Essigsäure die bekannten, gewöhnlichen Reflexbewegungen wieder ein. Nun wird die Wirbelsäule von hinten über dem V. Wirbel erbrochen, das Mark mit Ammoniak betupft. Ohne alle Krämpfe erlischt sofort jede Reflexfunction auch gegenüber von Essigsäure, Glühhitze etc. Auch dieses Thier war längere Zeit in Gefangenschaft und blass.

Versuch XII.

Bei dem unversehrten frisch eingefangenen, in der Kälte aufbewahrten Thier wird die Wirbelsäule von hinten in der Höhe des V. — IV. Wirbels aufgebrochen, Ammoniak aufgetragen: es entstehen Krämpfe in den unteren Extremitäten, welche jedoch lange nicht so heftig und dauernd sind als bei Application auf das obere Rückenmarksende. Nach Durchschneidung der Wirbelsäule am oberen Ende des I. Wirbels werden (wie das bei vielen Thieren des gleichen Fanges der Fall war, wenn man sie an dieser Stelle decapitirte) die Krämpfe sehr heftig, hören sehr schnell nach Durchschneidung des II. Wirbels auf. Ammoniak ruft keine Reflexbewegungen mehr hervor.

Versuch XIII.

Ein Frosch wird decapitirt, seine Wirbelsäule von hinten in der Höhe des V. Wirbels erbrochen, Ammoniak aufgetragen, es entstehen heftige Krämpfe.

Versuch XIV.

Einem unversehrten Frosch wird der Bogen des V. und IV. Wirbels abgebrochen; Ammoniak aufgetragen: es entsteht heftiger Tetanus in den unteren Extremitäten. Als oben in die Rautengrube Ammoniak gebracht wird, entsteht Tetanus in den oberen Extremitäten.

Versuch XV.

Ein Frosch wird decapitirt, die Wirbelsäule über dem VI. und VII. Wirbel von hinten aufgebrochen, die hinteren Wurzeln des rechten Fusses werden auf ein Glimmerblättchen gehoben und mit Ammoniak betupft. Es entsteht ein ganz schwaches, höchstens

1 Sekunde dauerndes Zucken in einzelnen Muskeln; dann tritt völlige Reizlosigkeit der Wurzel ein. Als das Mark zwischen dem Austritt der hinteren Wurzeln für die unteren Extremitäten mit Ammoniak betupft wurde, entstand ein kurz dauerndes Zittern in den Muskeln der in flectirter Stellung verharrenden unteren Extremitäten. Betupfen der hinteren Fläche des Markes in der Höhe des I. und II. Wirbels erzeugte einen $\frac{1}{2}$ Minute dauernden heftigen Tetanus in allen Extremitäten.

Diese Versuche lehren, dass die Convulsionen durch Ammoniak unter Umständen in jeder Höhe von der Hinterfläche des Markes aus erregt werden können; dass diess am leichtesten von dem obersten Endpunkt des Markes aus geschieht, auch dann noch, wenn von weiter nach abwärts gelegenen Stellen aus keine Krämpfe mehr erregt werden können. Diese Erfahrungen sind wichtig, weil man daraus sieht, dass leicht die Versuchsergebnisse in dieser Beziehung durch die Jahreszeit und Temperatur Modificationen erleiden können. Es war daher zu wünschen willkürlich die Zustände der Centralorgane so zu modificiren, dass das Eine oder Andere eintreten muss.

Versuch XVI.

Ein frisch eingefangener in der Kälte aufbewahrter Frosch kam in einen bis zu 33° Cels. erwärmten Calorimeterraum. Er war in einen Lappen gewickelt und in die Mitte des Raumes nächst der Thermometerkugel gelegt, um seine Hautstellen vor der Berührung mit den wärmeren Metallwandungen zu schützen. In diesem Raum blieb er $\frac{1}{2}$ Stunde. Wie er herauskam, war er bewegungslos, aber nicht wärmestarr. Nach wenigen Minuten hatte er sich so weit erholt, dass nach einem Reiz jedesmal eine einzige, stossweise Zuckung seine Glieder bewegte. Diess geschah jedoch nur, wenn zwischen den einzelnen Reizen die Pause nicht zu klein war. Jetzt wurde der Bogen des IV. — II. Wirbels weggenommen, Ammoniak auf die hintere Fläche des Markes gebracht, wobei nur einige Fluchtversuche vom Thier gemacht wurden, aber durchaus keine Krämpfe hervorgerufen werden konnten. Als der Bogen des I. Wirbels weggenommen

worden war, und das oberste Ende des Halsmarkes mit Ammoniak betupft wurde, entstanden sogleich ein paar Bewegungen zur Flucht — und bald darauf wie gewöhnlich der Sturm theils klonischer, theils tonischer Krämpfe.

Die Wärme sehen wir in diesem Versuch als ein Hemmungsmittel der Krämpfe, welche sonst auch durch andere Umstände, unter denen das Thier vor dem Versuch gelebt hatte, abgewehrt werden können. Ohne diese Erfahrungen würde man leicht zu einem falschen Schluss kommen, und annehmen wollen, dass gerade nur das oberste Mark-Ende einen nervösen Heerd berge, welcher unter dem Einfluss des Ammoniaks spezifisch bei der Entstehung der Krämpfe mitwirke, während dieses exclusive Verhalten nur scheinbar ist, d. h. von willkürlich zu variirenden Bedingungen abhängt. Wenn die Unterschiede der Erfolge nicht in noch bedeutenderem Grad von dem Geschlechtsleben dieser Thiere beherrscht werden, so wird man sie zu jeder Jahreszeit durch Erkalten oder Erwärmen der Thiere immer wieder erzeugen und sich dadurch von den nicht zu beherrschenden anderweitigen Lebens-Eigenthümlichkeiten der Frösche für diese Versuche unabhängig machen können.

Es durften aber die günstigen Umstände, unter welchen sich gerade jetzt meine Thiere befanden, nicht vorübergelassen werden, ohne die Frage näher zu entscheiden, welche Punkte der Hinterfläche des Markes die bevorzugten für die Erregung der Krämpfe sind, oder ob sie alle gleichwerthig seien, und wie sich die graue Substanz gegen das Ammoniak verhält. Obwohl ich glaube, mir die hinreichende Fertigkeit erworben zu haben, auch an dem dünnen Rückenmark unserer kleinen temporaria-Sorte operiren zu können, so weiss doch Jeder, dass dabei für eine vollkommen reine Trennung der Hinterstränge und Seitenstränge nicht mehr gebürgt werden kann. Ich behalte es mir daher ausdrücklich vor, die nachfolgende Experimentreihe künftigen Sommer an unseren grossen Fröschen zu wiederholen, wobei es vielleicht möglich wird, noch präziser den Unterschied der Stränge, oder die Nothwendigkeit gewisser Verbindungs-

brücken u. dgl. festzustellen. In der Hauptsache aber darf ich erwarten, dass die Resultate die gleichen bleiben werden, und also auch keinen Anstand nehmen, die an den kleineren Fröschen in diesem Winter angestellten Versuche mitzutheilen. —

Versuch XVII.

Bei einem decapitirten Thier wird die Wirbelsäule von hinten aufgebrochen; oberhalb des Abganges der Ober-Arm-Nerven werden die Hinter- und Hinterseiten-Stränge von der Rücken- zur Bauchfläche herab, bis zum Canal der grauen Substanz durchschnitten. Wird jetzt auf die Oberfläche dieses Einschnittes Ammoniak aufgetragen, so entstehen in den unteren Extremitäten nicht die leisesten Convulsionen. Trägt man dann nach einem von rechts nach links durch die Median-Ebene des Marks geführten Schnitt die obere Parthie der Hinter- und Hinterseitenstränge ab, so liegt die Hälfte der grauen Masse im Zusammenhang mit den vereinigten Vorder- und Vorderseitensträngen zu Tage, und kann mit dem Ammoniakpinsel berührt werden; auch dabei treten keine Convulsionen auf. Berührt man dagegen hart unter dem Schnitt an der Stelle, wo das Rückenmark noch vollkommen erhalten ist, die Rückenfläche des Markes mit Ammoniak, so entstehen nach circa $\frac{1}{4}$ Minute $2\frac{1}{2}$ Minuten andauernde Krämpfe, deren anfänglich mehr klonische Form in die heftigste tonische übergeht.

Es ist also zur Erzeugung der Krämpfe durch Ammoniak die Integrität der hinteren weissen Markmasse nothwendig, und darf keine Unterbrechung haben, wenn sich die Krämpfe von den höher oben gelegenen Parthien in die tiefer unten gelegenen (hinteren Extremitäten) fortpflanzen sollen. Auch genügt nicht die Brücke vorderer grauer Substanz, welche mit derjenigen noch in Verband steht, die sich unter den einfach eingeschnittenen hinteren Strängen befindet. Endlich ist von der grauen Substanz aus das Phänomen nicht direct hervorzurufen.

Versuch XVIII.

Bei einem decapitirten Frosch wird das Rückenmark von oben bis zum Abgang der Armnerven der Länge nach von

rechts nach links gespalten und zwar in der Ebene des centralen Canales, so dass also an der unteren Fläche der Hinterstränge noch graue Substanz haftet. Nachdem der obere Lappen (der vereinigten Hinter- und Hinterseiten-Stränge) zurückgeschlagen, mit Ammoniak betupft und wieder niedergelassen worden, entstand keine Spur einer Zuckung oder Convulsion. Als aber auf die obere Fläche des Lappens Ammoniak aufgetragen wurde, traten Zuckungen ein, welche wohl schwach waren, aber in Form von Muskelzittern längere Zeit anhielten.

Dieselbe Versuchsmethode wurde an dem um einen Wirbel tiefer liegenden Mark angewendet. Betupfen der oberen und unteren Fläche blieb erfolglos, Betupfen der zunächst daran anstossenden unverletzten Markparthie auf ihrer Hinterfläche erzeugte nachfolgende Convulsionen.

Versuch XIX.

Die Hinter- und Seitenstränge der rechten Seite werden von der Decapitationswunde aus, nachdem das Mark bloss gelegt ist, bis herab zum Armgeflecht zurückgeschlagen, wobei an der Unterfläche keine für das freie Auge mehr erkennbare graue Substanz hängen geblieben war, und auf Glimmer gelegt. Bepinseln ihrer unteren Fläche bleibt wieder erfolglos, ebenso das Betupfen der darunter liegenden grauen Substanz. Jetzt wird die Rückenfläche des unversehrten linken Hinterstranges betupft, bald darauf treten Convulsionen ein, welche mit einem Stoss im linken Bein beginnen, dem aber rasch die Zuckungen im rechten folgen. Als Ruhe eingetreten war, wurde die Rückenfläche des zurückgeschlagenen Stranges — ohne Wirkung betupft. Als das Ammoniak etwas tiefer aufgetragen wurde, entstanden neue Convulsionen. Immer aber erscheinen sie viel schwächer, wenn das Mark vorher irgend wie schon beschädigt oder in längeren Strecken einige Zeit bloss gelegt war.

Es ergibt sich, dass die Wirkung ausnahmslos von den hinteren oder Hinterseitensträngen ausgeht, nie aber durch unmittelbare Reizung der grauen Substanz hervorgerufen werden kann.

Versuch XX.

Bei einem decapitirten Thier wurde der Wirbelkanal von oben erbrochen. Es wird im Bereich der zwei oberen Wirbel der rechte und linke Seitenstrang entfernt. Zuerst wird auf die noch erhaltenen Hinterstränge Ammoniak gebracht; es entsteht keine Spur von Convulsionen; der Canal wird weiter herab geöffnet; es werden die Seitenstränge im Bereich der zwei nächsten Wirbel entfernt, die Hinterstränge mit Ammoniak betupft — aber ebenfalls wirkungslos; jetzt wird unterhalb dieser Stelle, wo eben noch das Mark unverletzt zusammenhält, betupft — sehr bald entsteht wie gewöhnlich der Tetanus. Die Wirkung des Ammoniaks als Krämpfe erregendes Mittel beschränkt sich also vollkommen auf die Seitenstränge.

Versuch XXI.

Bei einem decapitirten Thier wird die Wirbelsäule von hinten aufgebrochen bis herab zu einem Wirbel unterhalb des Abganges der Armnerven-Wurzeln. Indem jetzt die Branchen einer dünnen Scheere senkrecht so aufgesetzt werden, dass die Hinterstränge dazwischen ohne Verletzung der Seitenstränge durchgeschnitten werden können, senkt man die Spitzen bis zur Medianebene des Markes und schliesst rasch die Scheere. Hierauf wird das Mark im Bereich der Hinterstränge oberhalb des Schnittes betupft, ohne dass Convulsionen erfolgen. Betupfen des Markes unterhalb des Schnittes erzeugt bald Convulsionen, welche aber rascher vorübergehen und nicht sehr heftig sind.

Versuch XXII.

Bei einem lebenden Thier wird die Säule vom II. bis V. Wirbel herab von hinten aufgebrochen; um einen Wirbel tiefer als der Abgang der Armnervenmuskeln erfolgt, werden wie im vorigen Versuch die hinteren Stränge quer durchgeschnitten; dabei sind die Seitenstränge jedenfalls grossentheils, wenn auch vielleicht nicht ganz erhalten. Nun wird der Bogen des I. Wirbels entfernt, auf die Rückfläche des Markes Ammoniak gebracht, worauf bald in den unteren Extremitäten Tetanus entsteht. Als bald darauf Ammoniak auf das Mark unterhalb des Schnittes

aufgetragen wurde, erfolgten auf's Neue in den unteren Extremitäten heftige Krämpfe, aber auch schwache in den oberen. Die Wirkung schreitet also nach ab- und aufwärts fort, in letzterer Richtung aber wegen der theilweisen Lähmung und Zerstörung der Seitenstränge unvollkommen.

Versuch XXIII.

Genaue Wiederholung des vorigen Versuches mit dem gleichen Erfolg. Immer wurde dabei die Vorsicht gebraucht, dass der Rumpf des Thieres in der erforderlichen Neigung erhalten blieb, um das etwaige Verfliessen des Ammoniaks in einer nicht beabsichtigten Richtung zu verhindern.

Versuch XXIV.

Bei einem decapitirten Thier wird die Wirbelsäule von hinten, oberhalb des Abganges der Wurzeln für die unteren Extremitäten erbrochen und mit der Lanzette das System der Hinterstränge von rechts nach links durchschnitten; hierauf wird das hinterste Ende der Rautengrube betupft, worauf in kürzester Frist heftiger Tetanus in allen Muskeln eintritt. Dieser hört sofort in dem Bein auf, dessen Seitenstrang in der Höhe des V. Wirbels durchschnitten wird. Die Erregung scheint demnach auf dem Weg der Seitenstränge fortgepflanzt zu werden.

Versuch XXV.

Bei einem decapitirten Thier wird die Wirbelsäule von hinten zwischen dem III. und V. Wirbel aufgebrochen; dabei waren mehrere heftige Zuckungen beim Präpariren erfolgt. Nun werden die Seitenstränge durch einen senkrecht herabwirkenden Messerstich auf der linken Seite durchschnitten. Das Bepinseln des oberen Rückenmarkendes auf der oberen Fläche mit Ammoniak ist erfolglos; ebenso ober und unter dem Einstich, soweit das Mark entblösst war. Erst von der Parthie aus, welche sich noch im geschlossenen Wirbelcanal befand, entstehen durch die Berührung mit Ammoniak einige stark, aber kurz dauernde tetanische Zuckungen.

Versuch XXVI.

Bei einem unversehrten Thier wird die Wirbelsäule von hinten in der Höhe des V—IV. Wirbels erbrochen, der linke Seitenstrang wie vorher (XXV.) durchgeschnitten, dann die Rautengrube blossgelegt und mit Ammoniak betupft. Sehr bald entsteht leises Zittern in den beiden unteren Extremitäten, aber erst nach $1\frac{1}{2}$ Minuten erfolgt heftige Convulsion in dem rechten Bein, während das linke ganz ruhig bleibt. Nachdem die Convulsionen aufgehört haben, kann man von den unteren Extremitäten aus mit Essigsäure in diesen, nicht aber in den oberen Reflexbewegungen auslösen.

Auch bei diesem Thier war die Wirkung des Ammoniaks auffallend geringer als in den früheren Versuchen. Es wurde vermuthet, dass auch hier der sicher mitwirkende Umstand von Belang war, dass das Mark eine grössere Strecke weit blossgelegt und theilweise beschädigt war. Der nächste Versuch führte aber zu einer noch weiteren Aufklärung. — Nach $\frac{1}{2}$ Stunde waren die Reflexbewegungen (mit $\overline{A}$ erregt) auf der linken und rechten Seite noch gleich lebhaft. Auf der rechten Seite waren aber selbst noch willkührliche, wenn auch schwache Bewegungen unverkennbar, welche auf der linken Seite vollkommen fehlten.

Versuch XXVII.

Bei einem lebenden Thier wurde die Wirbelsäule in der Region der 2 oberen Wirbel von hinten aufgebrochen und das Mark mit dem Ammoniak bepinselt, welches bei dem vorigen Versuch gedient hatte. Es entstanden keine Convulsionen, das Thier war aber ausserordentlich unruhig und suchte aus seinem Behälter auf alle Weise zu entfliehen. Nun wurde dieselbe Stelle des Marks mit sehr concentrirtem caustischem Ammoniak betupft, und sehr schnell stellten sich die heftigsten Krämpfe ein. Es kommt also sehr auf den Concentrationsgrad des Ammoniaks an, ein Gegenstand, welcher uns später noch länger beschäftigen wird.

Versuch XXVIII.

Bei einem lebenden Thier wird die Säule von hinten über dem V—IV. Wirbel aufgebrochen, der Seitenstrang auf der linken Seite durchgeschnitten, dann die Rautengrube freigelegt, concentrirtes Ammoniak aufgetragen; sofort entsteht Zittern in den Muskeln beider Extremitäten; als dies aufgehört hatte, brach plötzlich der Tetanus mit aller Heftigkeit herein, ohne jedoch die linke Extremität zu ergreifen. Diese hing vollkommen erschlaft herab, zeigte nur hie und da im einen oder anderen Muskel eine kleine unausgiebige Zuckung. Nachdem der Tetanus fast 2 Minuten gedauert hatte, liessen sich noch an beiden unteren Extremitäten Reflexbewegungen erzielen. Als man oberhalb des Schnittes durch den Seitenstrang das Mark auf dieser Seite mechanisch reizte, entstanden noch Zuckungen im linken Bein; zum Beweis, dass die motorischen Stränge wenigstens noch theilweise erhalten waren. Die Fortleitung der Krampf-veranlassenden Wirkung geschieht also sicher durch die Seitenstränge, sonst hätte sie nicht hier unterbrochen sein können, geschieht also ferner auch nicht durch die graue Substanz, welche noch ganz erhalten war.

Aus allen diesen Versuchen ergibt sich somit auf's Unzweifelhafteste, dass zur Entstehung der Krämpfe die isolirte Berührung der Hinterstränge mit Ammoniak nicht ausreicht, dass dazu vielmehr der Angriff gegen die hinteren Seitenstränge gerichtet sein muss, dass ferner die Mitwirkung der hinteren grauen Substanz entweder ganz unnöthig ist, oder wenigstens eine sehr untergeordnete Rolle spielt.

Ferner sieht man, dass zur Fortleitung der krampferregenden Ursache die Seitenstränge unbedingt nothwendig sind, und dass die graue Substanz hiefür keine ergänzende Brücke zwischen den durch den Einschnitt getrennten Seitensträngen abgeben kann.

Es musste jetzt untersucht werden, ob die Veranlassung zu den Krämpfen einen isolirten Einfluss auf die Seitenstränge behauptet, oder ob dadurch im ganzen Mark veränderte Er-

regungszustände verbreitet werden. Dass das Letztere der Fall sei, liess sich wohl schon daraus schliessen, dass wie im VII. Versuch und sonst auch häufig beobachtet wurde, die Reflexfunction an weit von der Applicationsstelle des Ammoniaks entfernten Markregionen in hohem Grad gesteigert war. Ein anderer Versuch lässt gleichfalls auf eine weiter verbreitete Steigerung in der Erregbarkeit des Markes schliessen.

Versuch XXIX.

Bei einem decapitirten Frosch wird von hinten zwischen dem VI. und VII. Wirbel die Säule aufgebrochen. Die hinteren Wurzeln des einen Beines werden durchschnitten. In der Höhe des II. Wirbels wird die Rückfläche des Markes bepinselt; sehr rasch entsteht Tetanus in allen Extremitäten mit einigem Unterschied in der Form. Sobald der Tetanus im Gang war, wurde zwischen III. und IV. Wirbel durchgeschnitten; jetzt steigert sich der Tetanus enorm; er dauert, wenn auch sehr geschwächt, einige Zeit fort, als in der Höhe des V. Wirbels durchgeschnitten wurde.

Da das Ammoniak, wie die früheren Versuche gezeigt hatten, nicht so schnell vordringt, sondern lokal wirkt, so geht daraus hervor, dass es von der Applicationsstelle aus, an welcher es direkt lähmend wirkt, zugleich in weiter Ausdehnung hin eine Erregung in den motorischen Centren hervorruft.

Es konnte nicht entgehen, dass die Form der Krämpfe und die Bewegungsrichtung der einzelnen Glieder der Thiere, endlich die Intensität der Krämpfe von manigfachen Zuständen anderer Centraltheile als derjenigen, welche mit Ammoniak betupft wurden, abhängen, dass es auf die Zustände und die anatomischen Orte der betupften Theile ankomme u. dgl., so dass hiefür mehrfach variierte Versuchsreihen gefordert wurden, welche ich zunächst mittheilen will.

Versuch XXX.

Bei einem lebenden Thier werden von oben die Schädeldecken weggenommen. Das Thier ist nach der Operation besonders nach Entfernung der Hirnhäute wie betäubt und be-

wegungslos; nach 5 Minuten hat es sich aber wieder vollständig erholt, und springt munter umher. Als man das Blut von der Rückseite der Medulla mit Fliesspapier durch Tupfen entfernen wollte, entstand ein Schmerzscrei, kurz dauernder Trismus, und gleich darauf hingen die Extremitäten schlaff herab. Die Wirkung des Ammoniaks, welches jetzt aufgetragen wurde, beschränkte sich hierbei bloss auf ein kurz dauerndes Zittern in den Extremitäten ohne Opistotonus und Tetanus.

Versuch XXXI.

Bei einem lebenden Thier wird nur eine kleine Oeffnung im Schädel über der Rautengrube gemacht; nachdem das Thier wieder ganz munter geworden war, wurde Ammoniak mit dem feinen Haarpinsel hinter das untere Ende des calam. scriptor. gebracht. 2—3 Sekunden lang blieb das Thier vollkommen in Ruhe; dies war ein Beweis, dass keine mechanische Reizung beim Einführen des Pinsels im Spiel war. Hierauf traten aber die heftigsten, theils klonischen, theils tonischen Krämpfe in allen Extremitäten auf. Rasch wurde jetzt das Schädeldach nach vorn aufgebrochen, und Ammoniak in grösseren Tropfen auf die Zueihügel und die Hemisphären gebracht. Nach wenigen Sekunden hören die Krämpfe auf, welche bei anderen Thieren meist mehrere Minuten dauern. In den unteren Extremitäten ruft jetzt noch $\overline{A}$ wie sonst die gewöhnlichen Reflexbewegungen hervor.

Versuch XXXII.

Das ganze Schädeldach wird bei einem lebenden Thier aufgebrochen und Ammoniak auf die Rautengrube aufgetragen. Es entstehen keine Krämpfe; erst nachdem die weiter vorn gelegenen Hirntheile betupft werden, entstehen solche.

Versuch XXXIII.

Das Schädeldach wird vollkommen geschont, und nur der Bogen des I. Wirbels abgetragen. Nachdem hier das Mark mit Ammoniak betupft worden war, erhob sich der heftigste Sturm von Krämpfen; jetzt wurde rasch das Schädeldach aufgebrochen, Ammoniak auf die Oberfläche des Hirns gebracht — aber die

Krämpfe dadurch nicht sistirt; sie hörten aber plötzlich auf, als ein Scheerenschnitt die Zweihügel quer von rechts nach links trennte.

Versuch XXXIV.

Der vorige Versuch wird genau wiederholt. Hierauf sistirt jedoch weder das Betupfen mit Ammoniak, noch das Durchschneiden der Zweihügel die Krämpfe. Als nun nach einander verschiedene Einschnitte da und dort in die Hirntheile gemacht werden, ändern sich immer die Hauptbewegungen, welche durch die stets klonischen Krämpfe erzielt werden: bald starke Beugung des Oberschenkels mit gebogenem Knie, dann stärkste Abduction, dann wieder stärkstes Rückwärtsdrehen des ganzen Beines, dann wieder stampfende oder Schwimmbewegungen — kurz das manigfaltigste Spiel der Bewegungsformen wird solcher Gestalt erzielt. Hier wurden die Krämpfe sistirt, als die Mitte der Medulla quer durchschnitten wurde.

Versuch XXXV.

Der Schädel wurde über der Rautengrube aufgebrochen und zugleich nach Exartikulation des Unterkiefers die Basis cranii. Als oben Ammoniak aufgetragen wurde, entstanden heftige Krämpfe, welche sich nicht durch Betupfen der Basis cerebri mit Ammoniak sistiren liessen. Als alle Krämpfe nach c. 2 Minuten aufgehört hatten, wurde der Bogen des II. Wirbels entfernt, mit Ammoniak das Mark betupft: es entstanden aufs Neue Krämpfe, welche fort dauerten, nachdem das Mark oberhalb durchschnitten und die Unterfläche des Gehirns gelähmt war.

Versuch XXXVI.

Es wird das Schädeldach von oben aufgebrochen, aber nur so weit, dass die Medulla gedeckt bleibt. Jetzt wird das frei liegende Hirn einige Zeit über Ammoniakdämpfe gehalten, dann das obere Ende der Medulla betupft; es entstehen bald heftige Krämpfe der ganzen Extremitäten mit abwechselnder tetanischer Spannung ihrer einzelnen Muskeln. Das ganze Hirn wird nach und nach durch viele Schnitte zerstört, wobei die Bewegungs-

form wie früher immer wechselt. Als es ganz zerstört ist, und Ammoniak etwas tiefer unten auf das Mark aufgetragen wird, entsteht reiner Tetanus im höchsten Grad mit völliger Gliedersteifigkeit.

Versuch XXXVII.

Das ganze Schädeldach wird abgehoben; nach der Operation, bei welcher mit einigem Druck durch feine Schwämmchen das Blut entfernt, das Gehirn aber etwas comprimirt worden war, hängen alle Glieder schlaff herab; das Thier ist wie todt, wenigstens ohne alle Willensäusserung. Als das Halsmark mit Ammoniak betupft wurde, entstanden bald klonische Krämpfe, welche in der heftigsten Form in den unteren Extremitäten, als heftiges Schlegeln und Stossen auftraten, sobald die Zweihügel mitten durchgeschnitten wurden. Die Bewegungsform änderte sich weiter, je nach dem Ort, an welchem fernere Einschnitte in die Hirnsubstanz gemacht wurden. Nachdem das Hirn gänzlich zerstört worden und das Mark tiefer unten betupft wurde, entstand der heftigste Streck-Tetanus, fast ohne Beimischung klonischer Krämpfe.

So mancherlei Widersprüche diese Versuche da und dort unter sich zeigen, so habe ich sie doch ohne Auswahl mitgetheilt, weil das, was für die Ammoniakwirkung und die Entstehung der Krämpfe im Allgemeinen daraus abzunehmen ist, trotz der Widersprüche bleibt. Die letzteren entspringen aus der absichtlichen Vernachlässigung, genau immer wieder in gleicher Weise die gleichen centralen Stellen zu zerschneiden oder zu ätzen. Wollte man dies exact verfolgen, so würde man, was allerdings von hohem Werth wäre, auf die Ursachen der Krampf-
formen im Speziellen, zugleich aber auf ein weiteres Studium über die Zusammenwirkung der einzelnen Hirntheile geführt, — welches mir gegenwärtig noch ferner liegt, indem ich bloss die Ammoniakwirkung im Allgemeinen darzuthun versuchen wollte. Zudem wird man sich, um sichere Resultate zu gewinnen, mit der gleichen Methode an grössere Thiere und Warmblüter zu wenden haben, wenn man sichere Schlüsse auf

die Vorgänge beim Menschen machen wollte, was doch immer unser letztes Ziel bleiben muss.

Als feststehend darf aber betrachtet werden, dass die Form der Krämpfe nicht ausschliesslich von dem Ort abhängt, an welchem das Ammoniak applicirt wird, sondern wesentlich auch bedingt ist von den damit noch zusammenhängenden und vorzüglich darüber befindlichen Centraltheilen und deren Zuständen.

Im Allgemeinen herrschen die klonischen Krämpfe vor, je höher oben das Ammoniak aufgetragen wird, und je mehr unversehrte Centraltheile darüber befindlich sind; je tiefer unten, desto bestimmter sind die rein tetanischen Streck-Krämpfe ausgesprochen.

Ob während der Krämpfe die eine oder andere Muskelgruppe, der Beuger, Strecker, Abduktoren etc. das Uebergewicht gewinnt, oder in welcher Weise die im Maximum vom Krampf befallenen Muskeln sich gegenseitig ablösen, hängt ebenfalls von der Gegenwart, Reizung, Lähmung oder Entfernung der einen oder anderen höher oben gelegenen centralen Nervenparthie ab.

Es war wichtig zu sehen, welche Erfolge andere anästhesirende Substanzen im Contact mit den Centralapparaten hervorriefen; darüber gibt der nächste Versuch Rechenschaft.

Versuch XXXVIII.

Bei einem lebendigen Thier wird wie gewöhnlich die knöcherne Decke über der Medulla oblongata erbrochen. Schwefeläther oder Chloroform aufgetragen, veranlasst keine Krämpfe. In 2 Minuten sind nach Application der letzteren Substanz ohne alle vorausgegangene Convulsionen die Extremitäten gelähmt. Wird jetzt Ammoniak angewendet, so erfolgen nur noch schwache Zuckungen in den oberen Rumpfmuskeln. Essigsäure ruft in den unteren Extremitäten noch Reflexbewegungen hervor.

In der Schnelligkeit, mit welcher das Chloroform die nackten Nerven der Muskeln lähmt, ohne dabei Zuckungen zu er-

zeugen, kann es sich vollkommen mit dem Ammoniak messen, wie schon aus meinen früher mitgetheilten Versuchen hervorgeht. Die vorausgehende, kurz dauernde Periode der Reizung, welche aber dem Ammoniak eigen ist, scheint dem Chloroform und Aether zu fehlen, wenigstens, wenn es mit der Nervensubstanz direkt in Contact kommt. Dass es, wie der Aether, auf die Nerven in den Schleimhäuten einen solchen ausübt, lässt sich dagegen ebenso wenig leugnen; allein hiebei ist das, was die Nerven erregt, vielleicht erst ein secundärer Process, welcher in der Schleimhaut, abgesehen von ihren Nerven, abläuft. Stellt man sich vor, dass das Chloroform deswegen gar keine Krämpfe erregt, weil es wegen seiner intensiven Wirkung das Reizstadium unendlich kurz macht und nur das der Lähmung erkennen lässt, dass das Ammoniak dagegen weniger intensiv wirke und deswegen vor der Lähmung noch ein Reizstadium erkennen lasse, so wird man erwarten dürfen, dass man bis zu gewissen Grenzen hin um so sicherer und länger dauernde Krämpfe erzielen werde, je mehr man durch Verdünnung des Ammoniak die Folgen der lähmenden Wirkung verzögert.

Die nachstehenden Versuche sollen entscheiden, ob diese Schlussfolgerung richtig ist.

Versuch XXXIX.

Ich bereitete mir eine Lösung von caustischem Natron in destillirtem Wasser von 1,0002 spezifischem Gewicht, in welches ein vorher auf seine Reizbarkeit geprüfter Nerv des galvanischen Präparates tauchen sollte, um von Zeit zu Zeit wieder auf's Neue geprüft zu werden. Zur Prüfung benützte ich den mit sehr verdünnter Kupfervitriol-Lösung gefüllten Rheostaten und hielt das anderwärts weitläufig entwickelte Verfahren für die Bestimmung der Reizbarkeit ein.

Für den frischen Nerv war zur Auslösung der schwächsten Muskelzuckung der Rheostatenstand 15 Cent. nöthig. Nun wurde der Nerv in die Lösung getaucht; im Verlauf der Zeit musste

zur Erzielung des gleichen Bewegungs-Effectes der Rheostatenstand in nachstehender Weise geändert werden:

nach 5 Minuten —	Rheostatenstand	19
nach 10 Minuten —	„	22
nach 20 Minuten —	„	20
nach 25 Minuten —	„	26
nach 32 Minuten —	„	15

Da nun bei Quellung der Nerven in reinem destillirten Wasser der Rheostatenstand fortschreitend erniedrigt werden muss, so dass er in der Regel nach 30—35 Minuten schon den Nullpunkt erreicht hat, so sieht man, dass die ausserordentlich kleine Menge des kaustischen Alkali im Wasser diese Wirkung weitaus zu compensiren vermag, dass dasselbe also als ein sehr energisches Erregungsmittel in dieser Verdünnung anzusehen ist.

Versuch XL.

Eine grössere Menge von destillirtem Wasser wird mit so wenig Ammoniak versetzt, dass Curcumapapier eben noch schwach gebräunt wird. Von einem sehr reizbaren (tetanischen) Frosch wird der Schenkelnerv präparirt, und während die Muskulatur des Unterschenkels vor der Einwirkung des Ammoniaks geschützt ist, der Nerv in das Wasser getaucht; nach kurzer Zeit erfolgen klonische Krämpfe.

Wird nun, während die Krämpfe im Gang sind, der Nerv an einer höher oben gelegenen, noch nicht vom Ammoniakwasser berührten Stelle mit concentrirtem Ammoniak betupft, so verstärken sich die Krämpfe weder momentan, noch dauernd, sondern werden sofort und für immer sistirt.

Versuch XLI.

Bei einem lebenden sehr reizbaren Thier wird die knöcherne Decke über dem Med. obl. erbrochen. Nachdem die Blutung gestillt ist, bepinselt man mit dem Ammoniakwasser die Rückfläche des Markes — es erfolgten keine Convulsionen. Nun nimmt man Wasser, welches mit etwas mehr Ammoniak versetzt ist, und betupft wieder — es entstehen abermals keine

Convulsionen, aber das Thier springt in seinem Behälter umher und macht die grössten Anstrengungen zur Flucht. Betupft man jetzt mit concentrirtem Ammoniak, so erfolgt sehr bald wie gewöhnlich der Sturm von Krämpfen, welcher an zwei Minuten dauert.

Versuch XLII.

Ein weniger reizbarer (nicht tetanischer) Frosch wird dazu benützt, den Schenkelnerv seines einen Beines mit ganz schwachem Ammoniak-Wasser in Contact zu bringen. Es erfolgen keine Krämpfe. Für nicht sehr reizbare Frösche ist also das verdünnte Ammoniak so wenig wie das concentrirte ein Zuckung erzeugender Nervenreiz.

Es kann nach diesen Versuchen kein Zweifel sein, dass die verdünnten caustischen Alkalien, und also auch das von uns angewendete Ammoniak, ein Reizmittel ist, durch welches wenigstens bei erregbaren Nerven Muskelzuckungen ausgelöst werden können. Obwohl aber das Thier im 41. Versuch durch seine energischen und lange anhaltenden Fluchtversuche auf's Unzweideutigste die grosse Heftigkeit des Reizes erkennen liess, welchen das Betupfen seines Halsmarkes mit verdünntem Ammoniak erzeugte, so kam es dabei doch nicht zu Krämpfen. Diese entstanden im Gegentheil immer nur bei Anwendung des concentrirten Ammoniaks, dessen Application unmittelbar nur eine sehr kurz dauernde, durch ein paar Sprünge sich äussernde Reizung herbeiführte. Die Versuche haben also über die zuerst gemachte Schlussfolgerung den Stab gebrochen.

Hiemit habe ich die Mittheilung meiner Experimente und ihrer unmittelbaren Resultate beendet und ich könnte es jetzt Jedem überlassen, sich die Ergebnisse nach eigenem Gutdünken zu deuten. Ich betrachte es also nur als Vergünstigung, wenn ich schliesslich anfügen darf, zu welcher Alternative die ganze Summe von experimentellen Erfahrungen mich selbst drängt, und welcher ich den Vorzug geben zu müssen glaube.

So viel steht fest: das Ammoniak tödtet, wohin es dringt die Nervensubstanz, gleichgiltig an welchem Punct es applicirt

wird; und um so schneller, je concentrirter es ist. Der Tödtung geht ein Reizstadium voraus, in welchem sehr erregbare motorische Nerven die Muskeln zu Zuckungen veranlassen können, in welchem die sensitiven Nerven und Wurzeln Reflexe auslösen, in welchem gewisse Centraltheile Fluchtversuche und Schmerzäusserungen veranlassen. Dieses Reizstadium ist aber um so kürzer und weniger deutlich zu erkennen, je concentrirter das Ammoniak ist, je weniger erregbar die nervösen Theile sind.

Nach dem Reizstadium tritt unmittelbar das der Lähmung ein, und zwar in allen Abschnitten des Nervensystems, mit Ausnahme des Bereiches der hinteren Seitenstränge; denn von dieser Region aus erfolgt statt der Lähmung und nach Ablauf einer Pause hinter dem Reizstadium her, ein Sturm von Convulsionen der verschiedensten Form, welcher über hundertmal länger dauern kann als das erkennbare Reizstadium in allen übrigen Regionen der Centralorgane oder Nerven.

Von diesen Thatsachen aus erhebt sich die schwierige Frage: Wie soll man sich das Entstehen dieser Krämpfe denken? Wir nehmen die einfachste Deutung zuerst an, welche sich Allen aufdrängen wird, die das Phänomen wie es im Experiment VIII (V) geschildert ist, zuerst und allein betrachten. Man wird sagen: das Ammoniak wirkt hier als Reizmittel in so hohem Grad, weil sich daselbst eine so verwickelte Verknüpfung von Ganglien und Fasern befindet, weil dort offenbar eine sehr ausgiebige Quelle für die verschiedenartigsten und complicirtesten Reflexe fließt; man wird die lange Dauer auf Rechnung des langsamen Fortkriechens und mechanischen Verbreitens der chemischen Substanz im Innern der Markmasse bringen. Man wird darin gar nichts Wunderbares finden, weil man ganz ähnliche Erscheinungen mit sehr verschiedenen diluirten Reizmitteln von dort aus hervorrufen kann. Der ganze Gang unserer experimentellen Untersuchung wirft aber dieser Voraussetzung einen Stein um den anderen in den Weg. Es ist bewiesen, 1) dass sich der Ammoniakpunkt nur in sehr engen Grenzen ausbreitet,

sehr rasch zu verfließen aufhört, scharf umschrieben stehen bleibt, und dass seine physiologische Wirkung auf seine nächste Umgebung beschränkt bleibt. 2) Wo ein Reizstadium bei der Ammoniakwirkung objectiv wahrgenommen werden kann, dauert es nur äusserst kurze Zeit: die Krämpfe dagegen oft mehrere Minuten lang; da die Dauer der Krämpfe nicht von der langsam vorschreitenden Ausbreitung des Ammoniaks abgeleitet werden kann, da man ferner häufig genug das kurze Reizstadium als Vorläufer der Krämpfe vollkommen ablaufen und durch eine Pause von den letzteren getrennt sehen kann, so kann man auch nicht auf die Annahme kommen, als wenn die Art der Reizung in den hinteren Seitensträngen anderer Natur wäre, weil vielleicht die wirksamen Nervelemente sich darin anders gegen Ammoniak verhalten. 3) Die Krämpfe müssten, als Folgen einfacher Reizung gedacht, um so lebhafter werden und um so sicherer eintreten, je mehr man durch bestimmte Verdünnungsgrade des Ammoniaks dessen reizende Wirkung verlängert — davon findet aber gerade das Umgekehrte statt. 4) Die Reizung der hinteren Seitenstränge löst vielleicht in der grauen Substanz Kräfte aus, deren Spiel nach Ablauf des Reizstadiums an der Applicationsstelle des Ammoniaks noch fort klingt? Warum bleiben dann aber die Krämpfe aus, wenn tiefer unten die Seitenstränge allein durchschnitten sind, und noch genug graue Substanz vorhanden ist, durch welche ja sonst nach allen Richtungen hin die Uebertragung so leicht möglich wird? Dass in der That eine Erhöhung der Erregbarkeit grauer Massen im Gefolge der Ammoniakwirkung ist, wenn sie Krämpfe verursacht, sieht man aus dem gesteigerten Reflexvermögen, aber diess allein reicht nicht aus die Krämpfe zu erzeugen oder zu unterhalten. 5) Sind die Krämpfe Folge örtlicher Reizung eines bestimmten Markgebietes, so wird deren Form allein von den dort befindlichen Verknüpfungen nervöser Elemente abhängen, und constant bleiben, gleichgiltig welche andere centrale Combinationen entfernt von jener Stelle erhalten oder zerstört sind. Davon findet abermal das Gegentheil statt; wir erkennen ganz

bestimmte Einflüsse centraler Gruppen jenseits der Applicationsstelle des Ammoniaks auf die Form der Krämpfe, wenn dafür auch der Ort der Application an sich schon nicht ganz gleichgiltig ist.

Ich habe nichts mehr gewünscht, als irgend einen experimentellen oder logischen Anhaltspunkt für die Annahme zu finden, dass die Krämpfe Folge der erregenden Wirkung des Ammoniaks seien und würde gerne, wenn es Anderen gelänge, solche zu gewinnen, die zweite Annahme bereitwillig zurückweisen, zu welcher ich mich, auf mein Beobachtungsmaterial gestützt, entschliessen muss.

Dass die Krämpfe nicht spontan, ohne alle Veranlassung entstehen, wird Niemand behaupten wollen, der nicht an einen nach Laune und sich selbst zum Zeitvertreib im Organismus wirthschaftenden Archäus glaubt. So wenig als sich der abgebrochene Schwanz einer Eidechse, oder das ausgerissene Bein von *Opilio* zu seinem Vergnügen „spontan“ zu todt zappelt, so wenig können die Ammoniakkrämpfe ohne materielle Erregungsursache Minuten lang andauern. Diese Krämpfe erreichen ihr Ende aber auch nicht erst dann, wenn die Nerven oder die Muskeln durch Stoffverbrauch oder Kraftverlust vollkommen erschöpft sind, sondern viel früher; denn sie können nach ihrem Ablauf von Neuem vielmal hintereinander wieder hervorgerufen werden, wenn auch nicht mehr von genau derselben Stelle aus; und wenn sie vorbei sind, ist weder das Reflexvermögen, noch auch die Reizbarkeit der Nervenstämmen an denjenigen Stellen erloschen, zu welchen das Ammoniak nicht gedrungen war.

Dass gewisse Parthien des centralen Nervensystems durch einen einmaligen Reiz zu einer mehr fortdauernden Wirkung angeregt werden können, um so mehr, je erregbarer die centralen Theile sind, weiss Jeder. Entstehen ja oft bei reizbaren Fröschen im Moment der Durchschneidung des Halsmarkes ebenfalls ziemlich lang dauernde Krämpfe, oder oft sehr heftiger lange dauernder Tetanus, wenn das Rückenmark zwischen dem

V. und VI. Wirbel nur sehr kleine Unbill durch mechanische Reize erfährt.

Nun wissen wir, dass sich sehr häufig eine erhöhte Erregbarkeit des Rückenmarkes in Folge der Ammoniakwirkung nachweisen lässt, und über Gegenden ausbreitet, welche sich sehr weit über die Applicationsstelle dieser Substanz hinaus erstrecken; wir wissen ferner, was ich an einem anderen Ort ausführlich darlegen werde, dass innerhalb der Bahn peripherischer Nerven entfernt von der Stelle, an welcher das Ammoniak den Nerven getödtet hatte, für gewisse Reize die Erregbarkeit erhöht erscheint, so dass wir nicht anstehen dürfen zu behaupten, dass das Ammoniak erstens über seine Applicationsstelle hinaus die Erregbarkeit der centralen Massen erhöhe. Dass es zweitens eine, wenn auch nur flüchtige und lokale Erregung veranlasse, stark genug um bei erhöhter Erregbarkeit direkte Zuckungen oder reflektirte Bewegungen zu veranlassen, darf aus den vielfach modificirten Versuchen wohl als unumstösslich erachtet werden. Damit hätten wir allerdings scheinbar genug Anhaltspunkte für die zuerst aufgestellte Annahme gewonnen; allein das Eigenthümliche an der Ammoniakwirkung liegt darin, dass einmal die Krämpfe erst nach dem erkennbaren Reizstadium und durch eine Pause vollkommener Ruhe davon getrennt ausbrechen, und dass zweitens die Krämpfe um so sicherer, ja fast allein nur dann herbeigeführt werden können, wenn man die lähmende Wirkung des Ammoniaks durch möglichste Concentration auf die Spitze treibt. Die Lähmung ist also ein nothwendiges Erforderniss für das Zustandekommen der Krämpfe. Wenn aber Bewegungsphänomene durch Vernichtung eines Theiles des Apparates entstehen, welcher zu dessen zusammengehörigen Ganzen zählt, so bleibt keine Wahl als anzunehmen, dass der jetzt gelähmte Theil vorher eine Function gehabt hat, vermöge welcher er den Ausbruch der Krämpfe verhinderte.

Diese Function bestünde also normal in einer Hemmung und ihre Beschränkung führte zu Bewegungsphänomenen, um so ausgebreiteter und dauernder, je grösser die Erregbarkeit in dem Triebwerk zur Bewegung, je grösser der Reiz, je grösser ihr eigener Verlust wäre.

Es würde hier zu weit führen die allgemeine Theorie von den Hemmungsapparaten im Nervensystem und die Gründe, welche dafür und dagegen vorgebracht worden sind, kritisch durchzumustern, zumal ich, wie erwähnt, Niemand zwingen will meiner Anschauung von der Ammoniakwirkung auf die Centralorgane unbedingt beizupflichten, weil es vielleicht doch noch gelingt für die Argumentation ein Terrain zu gewinnen, auf welchem sich eine einfachere Theorie aufbauen lässt.

Für die Selbstbeobachtung ist nichts einleuchtender als die Annahme, dass bei vielen willkürlichen Bewegungen Hemmungen beseitigt werden, welche die Ruhe der Glieder bedingen; ja es scheint uns oft, als wenn wir bei der Einübung gewisser Bewegungen den Kampf mit solchen Hemmungen empfinden. Doch aus solchen trügerischen und vieldeutigen Empfindungen dürfen wir nur dann eine einigermaassen berechtigte Stütze aufbauen, wenn ihre Auslegung von objectiven Wahrnehmungen gehalten wird. Es ist ferner auch sehr unwahrscheinlich, dass ein so einleuchtendes und brauchbares Hilfsmittel mechanischer Leistungen, wie wir es, nach meiner Ansicht wenigstens, evident am Herzen und in anderen Organen erkannt haben, nicht in grösserer Ausdehnung bei dem Aufeinanderwirken der Nervenkräfte verwendet worden sein sollte.

Nach dem Allen mache ich mir für unseren Fall folgende Vorstellung von der Ammoniakwirkung: Im Moment der Berührung erzeugt das Ammoniak eine sehr kurz dauernde lokale Erregung, in Folge deren das schnell vorübergehende, meist schwache, direkt oder auf dem Weg des Reflexes zu Stande gebrachte Muskelzittern eintritt; damit verbunden ist aber eine innerhalb der Centralorgane weithin sich ausbreitende Steigerung der Erregbarkeit, in Folge deren die an sich schwache Reizung

durch das Ammoniak relativ erhöht wird. Diese Reizung kann aber nur dann zu den heftigen Convulsionen oder tetanischen Krämpfen führen, wenn bei ihrem Abklingen die an der Applicationsstelle gelegenen Hemmungsapparate gelähmt sind. Je vollkommener diess geschieht, desto heftiger sind die Krämpfe; je mehr das Ammoniak durch Verdünnung von seiner rasch lähmenden Wirkung verliert und als Reizmittel fungirt, desto weniger ist die Entstehung der Krämpfe möglich, weil dabei die Hemmung mit der Triebkraft gesteigert wird, die letztere also auch nicht das Uebergewicht gewinnen kann. Die Krämpfe können aber desswegen vor der vollkommenen Erschöpfung ihr Ende erreichen, weil die allgemeine Erhöhung der Erregbarkeit in den Centralorganen in Folge der lokalen Ammoniakwirkung eine vorübergehende ist. Das lehrt das Experiment, welches zeigt, dass anfänglich die Reflexfunktion in günstigen Fällen bis zu einem Maass gesteigert ist, welches dem bei Strychninvergiftung gleichkommt, nach Ablauf der Krämpfe aber sehr rasch auf ihre gewöhnliche Höhe zurücksinkt.

Darnach wären also die für den Ausbruch und die Dauer der Krämpfe nothwendig zusammengehörigen drei Momente: kurz dauernde lokale Reizung, allgemein in Centren verbreitete Steigerung der Erregbarkeit, Lähmung daran der Applicationsstelle oder auch entfernter davon befindlichen supponirten Hemmungsapparate.

Mit dieser Vorstellung werden sich die zweiundzwanzig Versuchsmodificationen sämmtlich in Einklang bringen lassen; und hält man diese für ausreichend die Ammoniakwirkung auf die Centra experimentell zu ergründen, so wird man jener Vorstellung den Werth einer Theorie und nicht bloss einer Hypothese beilegen müssen.

Man wird einsehen, warum nicht von allen Stellen der Centralorgane aus, wo motorische Centra gelegen sind, die Krämpfe erzeugt werden können; weil das eine Glied der Bedingungen fehlt, nämlich die Lähmung der Hemmungsapparate. Man wird sich erklären können, warum bestimmten Concentra-

tionsgraden des Ammoniaks gegenüber die von Haus aus an gewisse centrale Gruppen gebundene Höhe der Erregbarkeit, oder die allgemeine individuelle Reizbarkeit der verschiedenen Thiere Auftreten oder Ausbleiben und Heftigkeit der Krämpfe zu bedingen vermag. Man wird nicht im Zweifel darüber bleiben können, warum Aether und Chloroform trotz ihrer lähmenden Wirkung keine Krämpfe veranlassen, weil notorisch durch diese Stoffe die allgemeine Erregbarkeit des Nervensystems statt erhöht zu werden, herabgesetzt wird. Es wird sich leicht erklären lassen, warum die Form der Krämpfe in so hohem Grad von der ganzen Summe noch vorhandener motorischer Centra und deren Zuständen abhängt, wenn man bedenkt, dass bei der allgemeinen Steigerung der Reizbarkeit der lokale Reiz auch noch im Stande ist nach den verschiedensten Richtungen hin Bewegungsantriebe zu verbreiten, deren resultirende Wirkung dann nothwendig von Zahl und Zustand der einzelnen motorischen Herde abhängig werden muss.

Ich gestehe, dass ich den hier nur beispielsweise berührten Erfahrungen gegenüber vollkommen rathlos war, als ich mir zuerst über ihr Zustandekommen Rechenschaft geben wollte; die übrigen boten keine Schwierigkeit und ich überlasse die leichte Aufgabe sie nach dem Gesamtergebniss der Untersuchung zu deuten Jedem selbst.

Ueber den Mechanismus der vorauszusetzenden Hemmung, über die nervösen Elemente, aus welchen er construirt ist, über den Ort, an welchem sie sich befinden, könnte ich nur Vermuthungen aussprechen, da die Centraltheile der Frösche zu klein sind, um diese Fragen experimentell und definitiv zu entscheiden. Ich muss desshalb erst eine günstige Gelegenheit abwarten, um hierüber an grösseren Säugethieren Versuche anzustellen, und wage desshalb auch nicht an die voranstehenden Versuche irgend welche Detailvorstellungen über den Mechanismus der Krämpfe beim Menschen anzuknüpfen.